



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA DRŽÁKU MOBILNÍHO TELEFONU

MANUFACTURING OF THE MOBILE PHONE HOLDER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Robert Hřebíček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Peterková, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Bc. Robert Hřebíček**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Eva Peterková, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Výroba držáku mobilního telefonu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh výroby držáku mobilního telefonu. Dílec je prostorový, opatřený otvory. Výchozím polotovarem je plech o tloušťce 1,5 mm. Zadaná součást bude vyráběna kombinací postupového stříhání a ohýbání ve sdruženém postupovém nástroji.

Cíle diplomové práce:

1. Provedení aktuální literární studie se zaměřením na technologii stříhání a ohýbání.
2. Návrh vhodné technologie výroby součásti a vypracování postupu výroby.
3. Provedení technologických a kontrolních výpočtů.
4. Volba stroje.
5. Návrh sdruženého postupového nástroje pro výrobu zadané součásti.
6. Technicko-ekonomické hodnocení navržené výroby.

Seznam doporučené literatury:

TSCHÄTSCH, Heinz. Metal forming practise: processes - machines - tools. New York: Springer-Verlag, c2006. ISBN 35-403-3216-2.

HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. Metal forming: mechanics and metallurgy. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 978-1-107-00452-8.

Handbuch der Umformtechnik: processes - machines - tools. New York: Springer, c1996. ISBN 35-406-1099-5.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design: processes - machines - tools. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2006. ISBN 00-714-6271-6.

LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření: processes - machines - tools. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. Vyd. 4., V Akademickém nakladatelství CERM 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3425-7.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

HŘEBÍČEK Robert: Výroba držáku mobilního telefonu.

Diplomová práce je zaměřena na výrobu držáku mobilního telefonu. Polotovarem je svitek plechu o tloušťce 1,5 mm z konstrukční oceli 11 373.1. Roční série je stanovena na 200 000 kusů ročně. Pro výrobu dílu byla zvolena metoda stříhání a ohýbání ve sdruženém nástroji. Obě technologie byly rozebrány v literární studii a dále byl vytvořen výrobní postup, podle kterého byl navrhnout nástroj. Pro celou výrobu byla zakoupena výrobní linka a vhodnost výroby byla ekonomicky zhodnocena.

Klíčová slova

stříhání, ohýbání, sdružený nástroj, ocel 11 373, výrobní postup

ABSTRACT

HŘEBÍČEK Robert: The manufacturing of a mobile phone holder.

The master's thesis is focused on the manufacture of mobile phone holder. The semi-finished product is a 1.5 mm thick steel sheetroll of S235JRG1. The annual series is set at 200,000 units per year. For the production of the part, the method of shearing and bending in a combined tool was chosen. Both technologies were dissected in a literary study, and a production process was developed to design a tool. A suitable production line was purchased for the entire production and the suitability of production was economically evaluated.

Keywords

Shearing, bending, combined tool, steel S235JRG1, manufacturing process

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HŘEBÍČEK, Robert. *Výroba držáku mobilního telefonu*. Brno, 2017. 55s, 4 výkresy, 2 přílohy, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci na jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V.....dne

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucí práce paní Ing. Evě Peterkové, Ph.D. a rodině za cenné rady a připomínky při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Zadání
Abstrakt
Bibliografická citace
Čestné prohlášení
Poděkování
Obsah

	str.
ÚVOD	9
1 ROZBOR PROBLÉMU	10
1.1 VÝROBNÍ MOŽNOSTI	11
1.2 VYHODNOCENÍ VÝROBNÍCH MOŽNOSTÍ	14
2 LITERÁRNÍ STUDIE	15
2.1 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ	15
2.1.1 Princip stříhání	15
2.1.2 Střížná vůle	16
2.1.3 Střížná síla a práce	17
2.1.4 Střížná plocha	18
2.1.5 Metody stříhání	19
2.1.6 Střížné nástroje a funkční části	20
2.2 TECHNOLOGIE OHÝBÁNÍ	21
2.2.1 Princip ohýbání	21
2.2.2 Napjatosti	22
2.2.3 Odpružení	22
2.2.4 Posun neutrální osy	24
2.2.5 Ohýbací síla a práce	25
2.2.6 Technologičnost ohýbaných součástí	26
2.2.7 Ohýbací nástroje a funkční části	27
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBNÍ SOUČÁSTI	29
3.1 ROZVINUTÝ TVAR SOUČÁSTI	29
3.2 NÁSTŘIHOVÝ PLÁN	31
3.3 VÝROBNÍ POSTUP	36
3.4 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉ TECHNOLOGIE	37
3.5 POVRCHOVÁ ÚPRAVA	37
4 TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY	38
4.1 VÝPOČTY PRO TECHNOLOGII STŘÍHÁNÍ	38

4.1.1	Střížná síla.....	38
4.1.2	Střížná práce	39
4.1.3	Výpočet střížné vůle	39
4.1.4	Kontrola střížníků na vzpěr.....	40
4.1.5	Výpočet tloušťky střížnice	40
4.2	VÝPOČTY PRO TECHNOLOGII OHÝBÁNÍ.....	40
4.2.1	Ohýbací síla	40
4.2.2	Ohybová práce	41
4.2.3	Úhel odpružení.....	41
4.2.4	Výpočet poloměrů ohybů.....	42
4.3	URČENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ	42
5	NÁVRH TVÁŘECÉHO STROJE.....	44
5.1	NÁVRH TYPU STROJE.....	44
5.2	NÁVRH VÝROBNÍ LINKY	46
6	POPIS A FUNKCE NÁSTROJE.....	47
6.1	HORNÍ ČÁST SDRUŽENÉHO NÁSTROJE	47
6.2	SPODNÍ ČÁST SDRUŽENÉHO NÁSTROJE	48
7	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	49
7.1	PŘÍMÉ NÁKLADY	49
7.2	NEPŘÍMÉ NÁKLADY	52
7.3	CELKOVÉ NÁKLADY	52
7.4	CELKOVÝ ZISK.....	53
7.5	BOD ZVRATU	53
8	ZÁVĚRY	55
	Seznam použitých zdrojů	
	Seznam použitých symbolů a zkratk	
	Seznam obrázků	
	Seznam tabulek	
	Seznam příloh	
	Seznam výkresů	
	Přílohy	

ÚVOD

Tváření kovu má za sebou bohatou historii. První zpracování kovu je zaznamenáno už ve Starověku, kde jakékoli přetvoření kovu bylo prováděno ručně. Postupem času byly vyvíjeny nové stroje, přípravky i metody výroby. Výroba byla automatizována a zrychlena. Zachovány byly jen zákony tváření.

Dnešní doba nabízí nespočet možností zpracování kovu. Zpracování je děleno do několika skupin, z nichž první skupina je obrábění, kde dochází k odběru materiálu pomocí třísky, druhá je tváření, při kterém dochází k přetvoření materiálu bez porušení soudržnosti a v neposlední řadě odlévání. Všechny tyto typy zpracování materiálu patří mezi nepostradatelné a veledůležité pilíře ve strojírenství, jak je vnímáno dnes. Pro zpracování jakékoli součásti je vždy zapotřebí zvolit nejvhodnější technologii, postup výroby s přihlédnutím na rychlost, efektivitu práce, počet vyráběných kusů a použitý materiál.

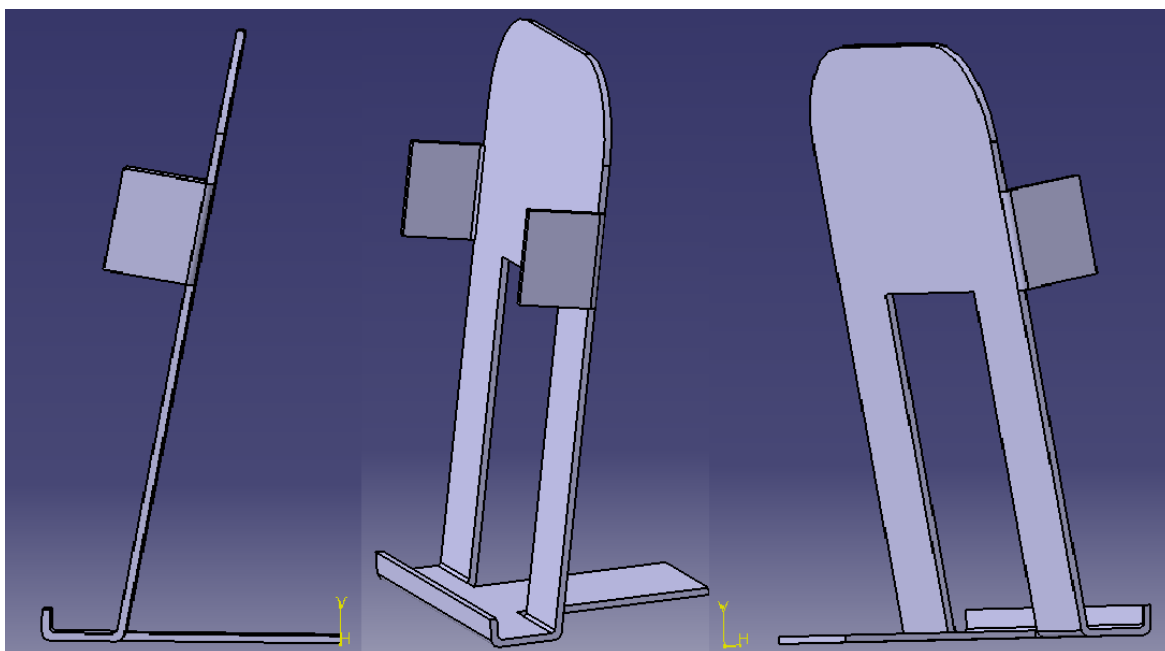
Technologie tváření se dělí na plošné a objemové tváření za studena i za tepla. V práci je přiblížena problematika plošného tváření za studena a příklady vyráběných dílů s možným využitím jsou zobrazeny na obr. 0.1. Cílem diplomové práce je vytvořit návrh pro výrobu držáku mobilního telefonu. Daný dílec bude vyráběn metodou stříhání s následným ohýbáním. Dále bude přiložena teorie stříhání a ohýbání s příslušnými vzorci. Jelikož to bude pohledová součást, bude dbán důraz na vzhled při dodržení všech výrobních kritérií.



Obr. 0.1 Součásti vyrobené technologiemi tváření [16]

1 ROZBOR PROBLÉMU [7], [12], [13],[18]

Cílem diplomové práce je zpracovat teoretickou studii s následným navržením nástroje pro výrobu zadané součásti. Jak je patrné z obr. 1.1, jedná o držák mobilního telefonu. Jelikož trh je přeplněn nespočtem podobných držáků z jiných materiálů, tak bude kladen důraz hlavně na cenu a originalitu výrobku. S tím souvisí výrobní náklady, do kterých bude zahrnuta metoda výroby a počet vyráběných kusů, který je pro prvotní výrobu odhadnut na 200 000 ks za rok. Jelikož nejsou zadány žádné speciální úchytky, vše bude tolerováno dle normy ČSN 22 6015. Vyrobená součást bude pohledová, takže v posledním kroku výroby bude kladen důraz i na povrchovou úpravu.



Obr. 1.1 Vyráběný díl

Výchozím polotovarem pro vyráběnou součást je zvolen plech o tloušťce 1,5mm. Jelikož díl bude zatížen pouze staticky bez většího namáhání a ponese váhu maximálně do 300 gramů, bude materiál volen především podle ceny. Druhým kritériem pro volbu vhodného materiálu jsou mechanické vlastnosti, jelikož součást bude ohýbána. Proto je hledán materiál s co nejprůzračnější mezí kluzu.

Podle těchto kritérií přichází v úvahu běžná konstrukční ocel 11 373.1. Jedná se o základní ocel třídy 11, která zaručuje pevnost v tahu, mez kluzu, tažnost a také čistotu kovu. Oceli třídy 11 jsou odstupňovány podle obsahu uhlíku, který podle procenta určuje pevnost v tahu. Mechanické vlastnosti jsou uvedeny v Tab. 1.1.

Tab. 1.1 Mechanické vlastnosti oceli 11 373.1 [13]

Mechanické vlastnosti po normalizačním žíhání			
Ocel 11 373	Pevnost v tahu R_m [MPa]	Mez kluzu R_e [MPa]	Tažnost A_{10} [%]
	350	220	20

Posledním krokem výroby bude povrchová úprava. Tím, že má zvolená ocel nízký obsah uhlíku, což je patrné z tab. 1.2, je vhodná pro povrchové úpravy jako je např. lakování nebo pokovení.

Tab. 1.2 Chemické složení oceli 11 373 [13]

Chemické složení									
Ocel 11 373	C [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	N [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mo [%]	Si [%]
Max.	0,17	-	0,045	0,045	0,007	-	-	-	-

Součást bude možno vyrábět ve více variantách. Pro náročnější zákazníky, je možné díl vyrábět v nerezovém provedení. Pokud bude součást vyrobena z nerezové oceli, nenásleduje žádná povrchová úprava, avšak zákazník si připlatí za materiál. Při takové volbě je ideálním materiálem konstrukční legovaná ocel 17 240. Jedná se o středně legovanou ocel, kde obsah legujících prvků je větší než 10 %. Mechanické a chemické vlastnosti jsou uvedeny v tab. 1.3 a tab. 1.4.

Tab. 1.3 Mechanické vlastnosti oceli 17 240 [18]

Mechanické vlastnosti pro legované oceli			
Ocel 17 240	Pevnost v tahu R_m [MPa]	Mez kluzu R_e [MPa]	Tažnost A_{10} [%]
	520-720	210	45

Tab. 1.4 Chemické složení oceli 17 240 [18]

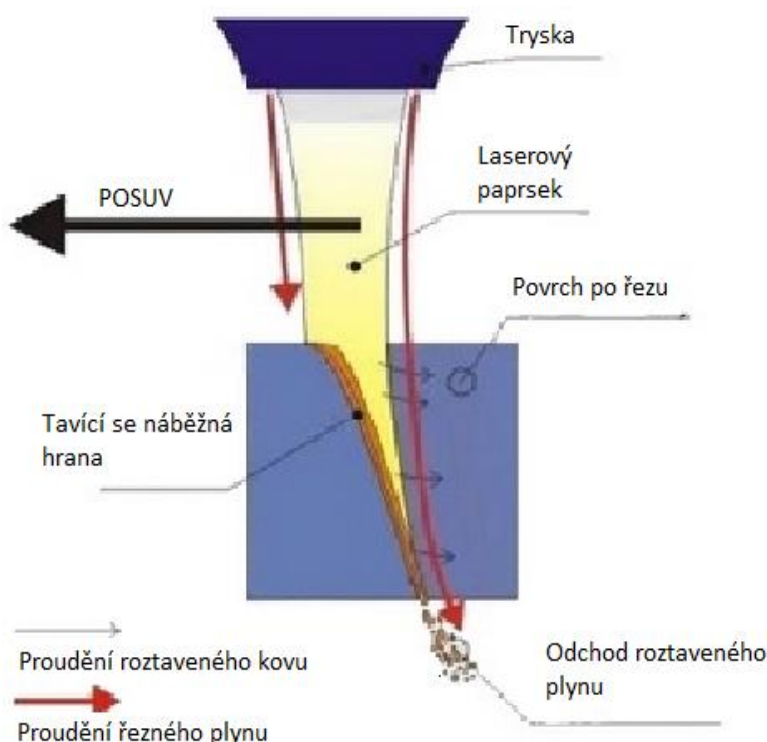
Chemické složení									
Ocel 17 240	C [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	N [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mo [%]	Si [%]
Max.	0,06	2	0,045	0,03	-	17	12	2	1

Všechny výpočty a výsledky budou vztahovány k nelegované konstrukční oceli 11 373.1. Ocel 17 240 je uvedena jako další možnost výroby, jelikož dnes jsou nerezové doplňky hodně populární.

1.1 VÝROBNÍ MOŽNOSTI [5], [9], [12], [14], [24], [33]

Pro zhotovení součásti existuje nepřeborné množství technologických postupů a typů výroby. V první fázi výroby je nutné zhotovit polotovary součástí. Zhotovení výchozího polotovaru je možné buď stříhem nebo řezáním. Technologie přípravy polotovaru je možné rozdělit na konvenční a nekonvenční. Příkladem nekonvenčních metod dělení je použití netradičních zdrojů energie např. řezání laserem, vodním paprskem a plasmou. Do konvenčních metod patří stříhání. Druhá fáze pro dokončení požadovaného tvaru je ohýbání. Možnosti výrobních metod pro vytvoření požadovaného tvaru jsou uvedeny dále.

- Řezání laserem - jde o tepelné dělení materiálu. Principem řezu je záření světelného paprsku na atom prvku. Paprsek je vytvářen ve zdroji a pomocí zrcadel nebo



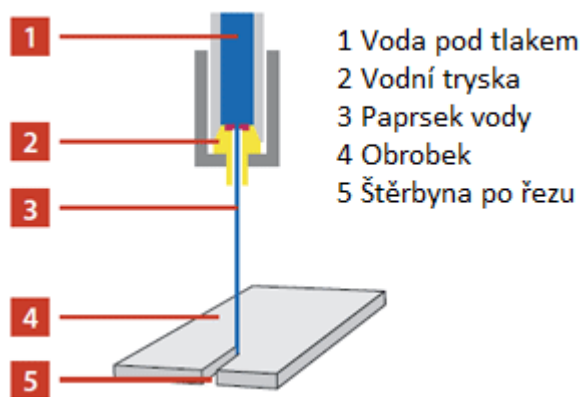
Obr. 1.2 Řezání laserem [23]

transportním vláknem jde do řezné hlavy. Tam už je pomocí čočky zúžen na jeden bod. Díky velkému výkonu a zaostření právě na jeden bod dochází k tomu, že se kov začne tavit a probíhá řez. Tím, že laser je světelný paprsek, tak se může v různých prostředích šířit rozdílnou rychlostí a může řezat i nekovové materiály jako je dřevo, plast atd. Dnes jsou známy tři různé typy laserů, které se od sebe liší použitím aktivního prostředí. Jedná se o vláknové lasery, CO₂ lasery a lasery s definovaným řezným plynem. Na obr. 1.2 je zobrazen princip řezu laserem. Dnes je velkým trendem používat vláknové

lasery, protože jsou mnohem menší než CO₂ lasery, ale přitom mají skoro dvounásobný řezný výkon. Některé lasery používají pro různé typy materiálu různé plyny jako jsou kyslík, dusík nebo stlačený plyn.

Výhodami řezání laserem je hlavně to, že dokáže řezat velké tloušťky materiálu s jakkoli složitým obrysem. Oproti tomu nevýhodou je značně velká tepelně ovlivněná oblast, údržba a provoz stroje jsou dosti nákladné a kvalita řezu není příliš vysoká. Povrch řezu se pohybuje v rozmezí Ra 6,3 ÷ 12,5.

- Řezání vodním paprskem - patří mezi moderní, ekologické metody zpracování materiálu. Celý princip spočívá v tom, že na řezaný materiál dopadá úzký paprsek vody pod velkým tlakem (obr. 1.3). Ten se může měnit v závislosti na řezaném materiálu a jeho tloušťce. Tlak vody může dosahovat až 400MPa, tím dochází k obroušování materiálu a vede k následnému řezu. Tlak vzniká pomocí speciálních vysokotlakých čerpadel, které vhánějí vodu do řezací hlavy, která je zakončená tryskou.

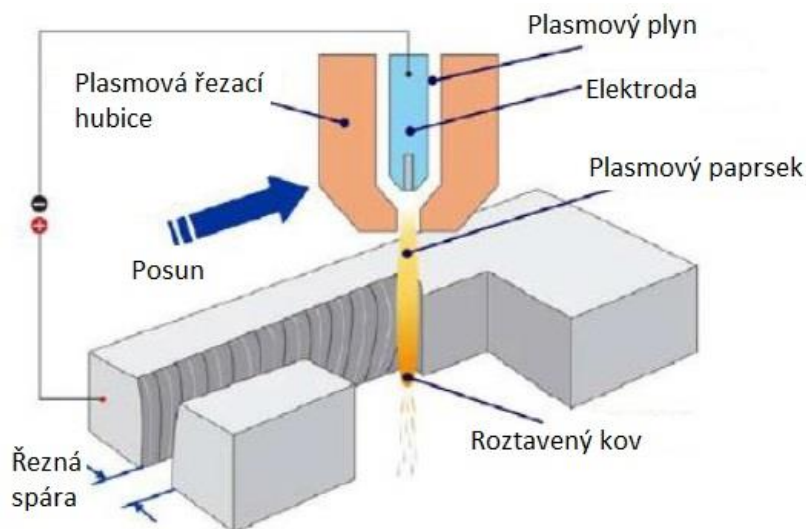


Obr. 1.3 Řezání vodním paprskem [36]

Pro zkvalitnění řezu nebo pro řezání silnostěnných či tvrdých materiálů, se do vody

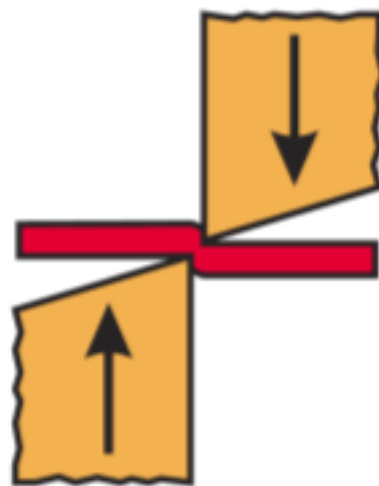
přimíchává ještě abrazivní prášek, např. granát. Výhodou této metody dělení je zejména to, že může řezat libovolný materiál s velkou přesností krom tvrdého skla, během řezu nedochází v žádnému vnitřnímu pnutí a neexistuje tepelně ovlivněná oblast. Velkou nevýhodou je nevyhnutelný kontakt s vodou, takže některé materiály je třeba prvně ošetřit, před samotným řezem, aby nedocházelo k následné korozi.

- Řezání plasmou – jedná se o elektrický oblouk mezi tryskou plazmového hořáku a řezaným materiálem. Z obr. 1.4 je patrné, že z hlavy plasmy letí ionizovaný plyn z tlakových nádob obrovskou rychlostí a teplotou až 20 000 °C, tím dochází k řezu. Pro řezání se používají různé druhy plynů podle použitého materiálu, nejčastěji to jsou argon, vodík, dusík, kyslík. Při vhodném použití plynů plasma dosahuje vysokých řezných rychlostí, a to i pod vodou. Nevýhodou však je, že řezaný materiál musí být elektricky vodivý a po řezu je dost široká řezná spára.



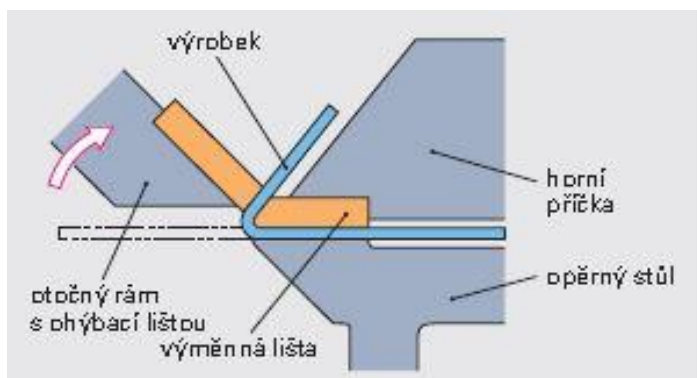
Obr. 1.4 Řezání plasmou [33]

- Stříhání - stříhání patří mezi nejstarší metody dělení materiálu. Materiál je dělen pomocí dvou protilehlých břitů způsobující smykové napětí v rovině stříhu, patrné na obr. 1.5. Jako u řezání vodním paprskem, tak i zde nedochází k žádnému tepelnému ovlivnění. Důležitým faktorem během stříhání je střížná vůle mezi noži. Ta ovlivňuje výslednou drsnost a velikost otřepů po stříhu. Jedná se o krokovou operaci, kdy polotovar je postupně odstříhován až k výslednému tvaru. Jednoduchá, rychlá a levná metoda. Pro správný stříh musí být přizpůsobena střížná vůle k tloušťce stříhaného materiálu, úprava střížného nástroje přidáním přitlačných hran, aby během operace nedošlo ke zničení nástroje. Drobnou nevýhodou je vysoký nárok na stroj a velké nároky na střížné síly.



Obr. 1.5 Dělení materiálu stříháním [27]

- Ohýbání - během ohýbání dochází k trvalé deformaci materiálu pomocí ohybových sil a momentu. Každý ohybový nástroj se skládá z ohybníku a ohybnice, kde s dnešními moderními stroji lze vytvořit jakýkoli ohyb, dle potřeb zákazníka (obr. 1.6).

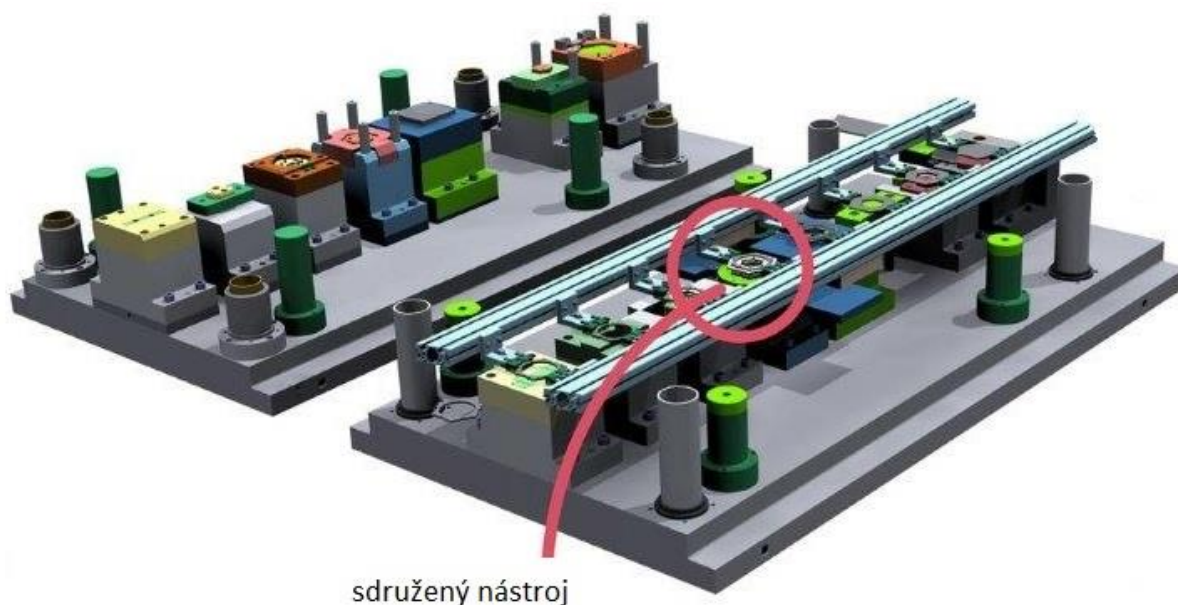


Obr. 1.6 Ohýbání materiálu [26]

Během ohybu dochází v materiálu k napětí, kdy vnější strana je natahována a vnitřní smršťována. Pokud je ohyb příliš velký a je použit nevhodný materiál, během ohybu dochází k trhlinám v materiálu na vnější straně. Ohyb je prováděn ve většině případů za studena.

1.2 VYHODNOCENÍ VÝROBNÍCH MOŽNOSTÍ [34]

Jak již bylo zmíněno, je hledána nejlevnější dostupná metoda výroby. Při každé nekonvenční metodě dělení materiálu by bylo zapotřebí vždy dvou strojů a to stroje pro dělení a stroje pro ohýbání materiálu. Takže s přihlédnutím na toto kritérium, kdy je třeba pořídit jak nástroje, tak stroje pro výrobu, je možná jediná metoda výroby a to je stříhání s následným ohybem polotovaru. Pro tyto dvě operace postačí pouze jeden stroj (lis) a dokonce obě operace mohou být sdruženy do jednoho nástroje a tím se sníží výrobní náklady. Další výhodou je, že výroba se dá plně automatizovat. Kombinované stříhadlo s ohybem se jeví ze všech možných variant jako nejlepší. Příklad sdruženého nástroje je na obr. 1.7.



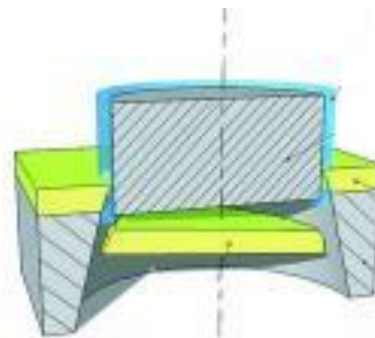
Obr. 1.7 Kombinace střížného a ohybového nástroje [34]

2 LITERÁRNÍ STUDIE [6], [14], [42]

Studie je zaměřena na problematiku stříhání a ohýbání. Obě zmíněné technologie jsou řazeny mezi základní operace tváření. Většinou se jedná o tváření plechových tabulí, svitku plechu nebo základních profilů. Ve většině případech jedna technologie navazuje na druhou, kde první technologie je stříhání následované ohýbáním. Může také nastat situace, kdy jsou obě technologie propojeny do sdružených stříhadel, kde jsou obě operace prováděny v jednotném nástroji.

2.1 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ [2], [12], [28]

Tato technologie patří mezi nejstarší metody zpracování materiálu. Stříhání je řazeno mezi základní operace plošného tváření (stříhání plechu), ale i objemové tváření (stříhání trubek, tyčí, profilů). Dále je možné členit stříhání podle stříhací teploty na stříhání za studena a za tepla. Jedná se o stříhání materiálu pomocí dvou proti sobě ležících střížných nožů (obr. 2.1), kde stříh je v poslední fázi zakončen lomem v ohnisku deformace. Dělením materiálu pomocí stříhání se dá vyrobit spousta odlišných tvarů výrobků, které často jsou buď finálním výrobkem nebo polotovarem pro další zpracování. Operace navazující na stříhání jsou např. tažení, ohýbání.

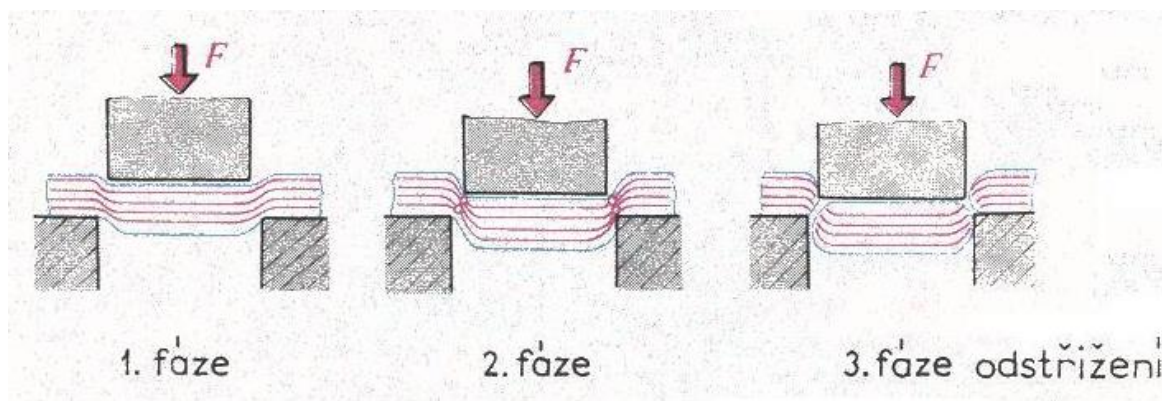


Obr. 2.1 Stříhání [2]

Pro zajištění kvalitního stříhu je zapotřebí dodržení všech kritérií, mezi které patří dostatečná ostrost nožů, optimální velikost střížné vůle, vhodný výběr materiálu a typu stříhání. Mezi základní typy stříhání je řazeno vystřihování, děrování, rozstřihování a otevřené stříhání. Složitější výrobky se nedají zhotovit najednou, protože by byla zapotřebí velká střížná síla, proto se používají postupová stříhadla nebo se použije více různých stříhadel. Ve spoustě případů je volba spojena s typem užitého stroje (lisu nebo strojních nůžek).

2.1.1 Princip stříhání [2], [28], [31]

Průběh stříhu se dá rozdělit na 3 fáze. Vše je zobrazeno na obr. 2.2. Princip stříhu je založen na smykovém napětí. Jedná se o dělení materiálu pomocí dvou protilehlých hran. Tím je zajištěn řez v určené rovině.



Obr. 2.2 Průběh stříhu [28]

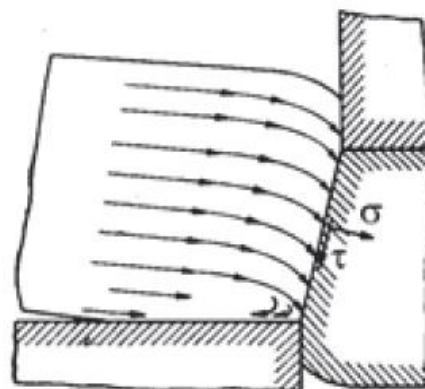
Celý stříh začíná dosednutím střížníku na povrch materiálu a tím se dostane do první fáze. Jedná se o elastickou deformaci, kde střížník vyvolává menší napětí, než je mez pružnosti a

vtlačuje se do materiálu. To znamená, že v téhle fázi ještě nedochází k porušení původního tvaru.

Druhá fáze je fází plastické deformace. V této fázi dochází k překročení meze kluzu a nastává trvalá přeměna. To znamená, že pokud bude během této fáze stříh přerušen, stříhaný polotovar už bude nenávratně přetvořen.

Poslední třetí fáze je odstřižení výstřižku. Ve třetí fázi je překročena mez pevnosti materiálu. V tento moment vznikají v materiálu trhlinky, které doprovází tahové normálové napětí. Postupně se všechny trhlinky začínají zvětšovat, spojovat a vytvářet další, až dojde k úplnému odstřihnutí požadované součásti.

Vlivem proti sobě jdoucích silových dvojic se materiál na horní straně mírně zaoblí, což je schematicky znázorněno na obr. 2.3. To je dáno tím, že na střížnici je kladen odpor materiálu proti přetvoření. Velikost střížného odporu, který vzniká uvnitř materiálu, závisí na mnoha činitelích, jako jsou například tloušťka materiálu, velikost střížné vůle, konstrukce nástroje, křivka stříhu a podmínky při stříhání. Střížný odpor se zvětšuje s rostoucí tvrdostí a zmenšující se tvárností. Tento odpor může být snížen vhodnými podmínkami během stříhání, např. rychlostí stříhání, mazáním, chlazením. Tím jsou zajištěny lepší podmínky pro kvalitu stříhu.



Obr. 2.3 Průběh napětí stříhu [28]

2.1.2 Střížná vůle [2], [10], [25]

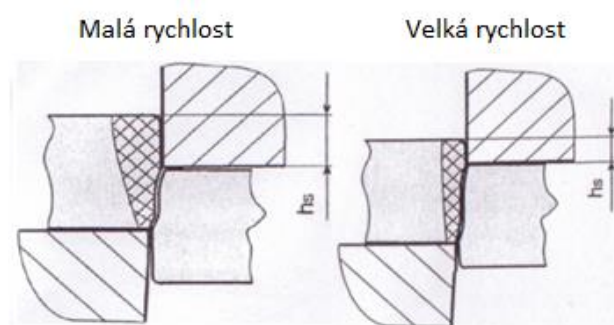
Střížná vůle přímo ovlivňuje životnost stříhadel, samotný průběh stříhu a výslednou střížnou plochu. Z obr. 2.4 jsou viditelné tři různé typy střížných vůlí. Ideální střížná vůle je ta, kde se při stříhání trhliny setkají a vytvoří pěknou pohledovou hranu bez otřepů za použití minimální střížné síly. Trhliny se šíří rovnoměrně z horní i spodní hrany. Ideální velikost střížné vůle je v rozmezí 3–20 % materiálu. Jedná se o tabulkovou hodnotu (příloha 1). Vše se odvíjí od tloušťky a pevnosti materiálu.



Obr. 2.4 Vliv velikosti střížné vůle [2]

Pokud střížná vůle bude příliš malá nebo příliš velká, trhliny se nesetkají a střížná plocha je pak nerovná a otřepaná. Nevhodnou střížnou vůlí také narůstá střížná práce a střížná síla. Střížná vůle je také volena dle způsobu stříhání, např. při děrování se střížná vůle mění na střížnici a při stříhání vnějšího obvodu je tomu naopak. Musí také být zajištěna rovnoměrnost střížné vůle po celém obvodu, tím se zmenší pravděpodobnost vad na střížné ploše.

Na povrchové vady má vliv i rychlost stříhu. Pokud je rychlost stříhání příliš malá, dochází spíše k trhaní než ke stříhání a deformačně zpevněné pásmo je velké. Při velké střížné rychlosti je tomu naopak a deformační pásmo je malé. Důsledek rozdílných rychlostí je patrný na obr. 2.5.



Obr. 2.5 Důsledek rozdílných rychlostí stříhu [28]

V praxi se střížná vůle vypočítá například ze vztahu:

$$v = 2 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{0,1 \cdot \tau_s} \text{ [mm]} \quad (2.1)$$

kde: v ... střížná vůle [mm],

c ... koeficient závislosti na požadavcích stříhání [-],

s ... tloušťka materiálu [mm],

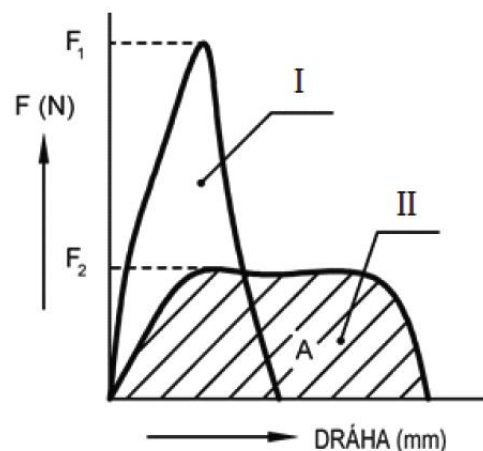
τ_s ... napětí ve stříhu [MPa].

$$\tau_s = R_m \cdot 0,8 \text{ [MPa]} \quad (2.2)$$

kde: R_m ... mez pevnosti [MPa].

2.1.3 Střížná síla a práce [12], [25], [27], [37]

Pro volbu vhodného stříhadla a lisu je nezbytné znát střížnou práci a sílu. Pokud by byla střížná síla větší, než určuje norma lisu, s velkou pravděpodobností by došlo ke zničení nástroje i samotného stroje. Během stříhu se průběh síly mění v závislosti na odporu materiálu a velikosti střížné plochy. Právě střížný odpor má velký vliv na potřebnou sílu. Například u křehkých materiálů dochází k ustřížení při nepatrném vniknutí střížníku. U měkkých materiálů bývá vniknutí střížníku do materiálu hlubší.



Na obr. 2.6 jsou naznačeny dva průběhy síly, z nichž průběh I je průběh síly pro rovnoběžné nože a průběh II je průběh síly pro nože skloněné. Obě plochy pod křivkami určují práci, kterou je třeba vykonat. Ta je přímo úměrná střížné síle a hloubce vtláčení střížníku do materiálu.

Velikost střížné síly je určena z vlastností použitého materiálu, z kvality střížné hrany a z velikosti výstřížku. Pro výpočet síly se užívá vzorec:

$$F_s = n_s \cdot S_s \cdot \tau_s \text{ [N]} \quad (2.3)$$

kde: n_s ... koeficient opotřebení (1,1 – 1,3)[-],

S_s ... střížná plocha [mm²],

τ_s ... napětí ve stříhu (0,7 až 0,8 R_m) [MPa].

Výpočet protlačovací síly potřebné pro vysunutí výstřížku ze střížnice:

$$F_{sv} = n_v \cdot k_{ev} \cdot F_s \text{ [N]} \quad (2.4)$$

kde: n_v ... počet výstřížků v části střížnice [-],
 k_{ev} ... koeficient materiálu ($k_{ev} = 0,05$ pro ocel) [-],
 F_s ... střížná síla [N].

Výpočet síly potřebné pro setření materiálu:

$$F_{ss} = k_{et} \cdot F_s [N] \quad (2.5)$$

kde: k_{et} ... koeficient, vázaný na druh materiálu a nástroje ($k_{et} = 0,1 - 0,13$) [-],
 F_s ... střížná síla [N].

Střížná práce se vypočítá ze střížné síly vztahem:

$$A_s = k \cdot F_s \cdot s [J] \quad (2.6)$$

kde: k ... koeficient hloubky vtlačení ($0,4 - 0,8$) [-],
 A_s ... střížná práce [J],
 s ... tloušťka materiálu [mm].

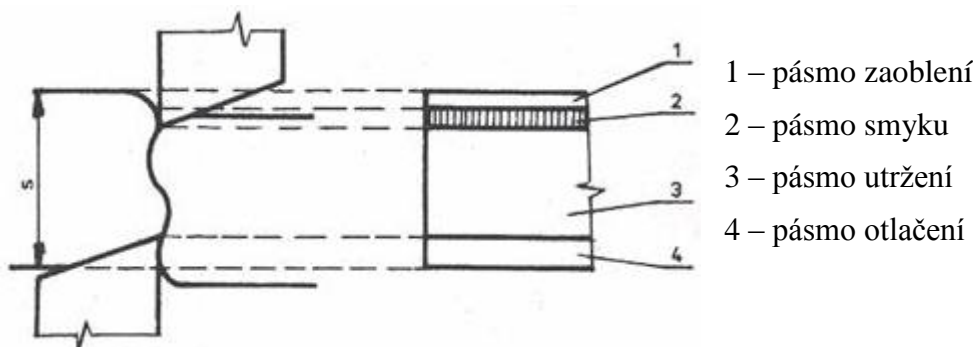
Koeficient „ k “ vychází z tab. 2.1. Z praxe platí, že čím je menší střížná vůle, tím větší bude koeficient.

Tab. 2.1 Koeficient hloubky vtlačení „ k “ [31]

Stříhaný materiál	Tloušťka materiálu s [mm]			
	<1	1–2	2–4	>4
Ocel (do 350MPa)	0,7 – 0,65	0,65 – 0,6	0,6 – 0,5	0,45 – 0,35
Ocel (do 500MPa)	0,6 – 0,55	0,55 – 0,45	0,5 – 0,42	0,4
Ocel (do 700MPa)	0,45 – 0,42	0,42 – 0,38	0,38 – 0,33	0,3 – 0,2
Měď, hliník	0,75 – 0,7	0,7 – 0,65	0,65 – 0,55	0,5

2.1.4 Střížná plocha [2], [14], [28], [31]

Jedná se o plochu, která vznikne po odstřížení výstřížku. Kvalita střížné plochy je ovlivněna mnoha faktory. Mezi ně patří opotřebení střížných hran, rychlost stříhu, tloušťka materiálu a jeho vlastnosti. V ideálním případě by střížná plocha měla být rovná, ale u všech materiálů dojde v poslední fázi k odtržení materiálu dřív, než se střížník přiblíží na úroveň plochy střížnice. To má za následek mírný esovitý tvar a nerovnoměrnou drsnost. Po vystřížení jsou patrná na střížné ploše všechny 4 pásma z obr. 2.7.



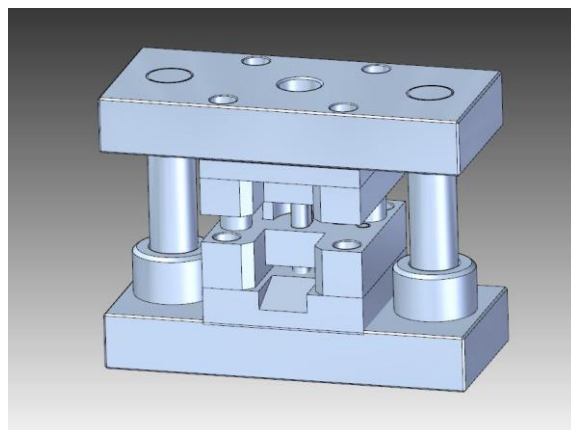
Obr. 2.7 Deformační pásma střížné plochy [28]

Mechanické vlastnosti materiálu jsou hlavním aspektem ovlivňující šířku jednotlivých pásem. První pásmo, pásmo zaoblení je v intervalu 5 až 8 % z celkové tloušťky materiálu. Tabulkové hodnoty pro šířku druhého pásma jsou uváděny od 10 do 25 % tloušťky. Ve třetím pásmu se hloubka vniku střížníku pohybuje v rozmezí 10 až 60 %.

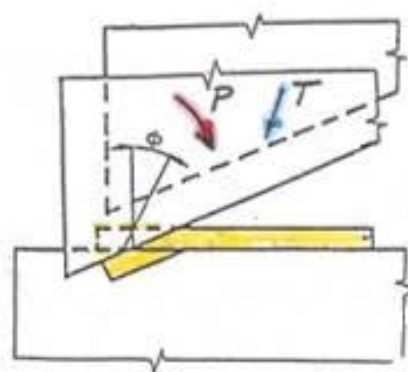
2.1.5 Metody stříhání [27], [28], [31], [37]

Stříhání je děleno podle tvaru nožů (střížníků) do čtyř základních skupin.

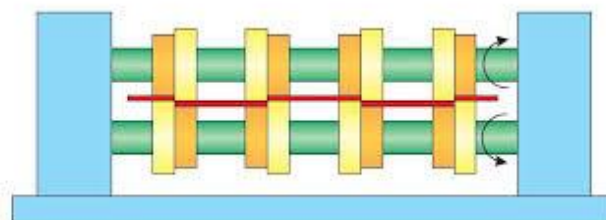
- Stříhání rovnoběžnými noži – tato metoda je nejčastěji používána u jednoduchých střížných nástrojů, které jsou připevněny v lisech. Na obr. 2.8 je příklad takového přípravku. Tato metoda byla použita pro výrobu zadané součásti. Stříhání rovnoběžnými noži je charakterizován přesně definovanou střížnou vůlí mezi střížníkem a střížnicí.
- Stříhání šikmými noži – stříhání šikmými noži je velmi často používáno u strojních nůžek. Strojní nůžky jsou používány pro dělení velkých rozměrů, jako jsou tabule plechu. Mezi horním nožem a spodním nožem je svírán určitý úhel. Tím se zmenší celková potřebná střížná síla. Materiál je stříhán postupně, takže výsledná střížná síla je určena z tloušťky materiálu a velikosti úhlu pod kterým je stříháno. Znázorněno na obr. 2.9.
- Stříhání kotoučovými noži – v nástroji jsou umístěny kotoučové nože, příklad na obr. 2.10. Rotací obou nožů je materiál dělen na požadované velikosti. Tyto stroje se používají pro stříhání dlouhých pásů. Velkou výhodou těchto nožů je, že stříh není prováděn rázem a tím je zajištěna lepší kvalita střížné plochy. Pro zakřivené tvary jsou nože skloněny pod libovolným úhlem, což je další předností tohoto typu stříhání.



Obr. 2.8 Rovnoběžné nože [39]

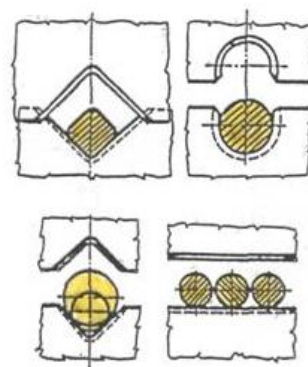


Obr. 2.9 Šikmé nože [27]



Obr. 2.10 Kotoučové nože [27]

- Stříhání noži na profily – tento typ stříhání je hodně specifický. Je používán pro různé tvary a profily. Stříhání noži na profily je řazeno mezi objemové tváření. Důležitým aspektem u tohoto typu stříhání je přestříhovaná tloušťka. Ta musí být přibližně stejná po celou dobu stříhu, aby nedocházelo ke změně tvaru stříhaného profilu. Pro různé profily jsou přiřazeny různé tvary stříhadel. Příklady tvarů jsou na obr. 2.11.



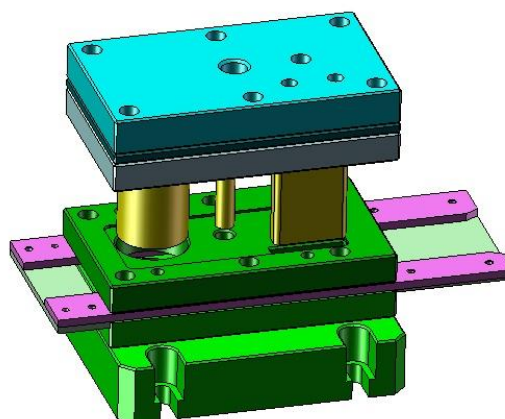
Obr. 2.11 Nože na profily [27]

- Přesné stříhání – další samostatnou metodou je přesné stříhání. Přesné stříhání je používáno pro výstřižky, u kterých je zvýšena přesnost a drsnost povrchu střížné plochy. Mezi metody přesného stříhání se řadí například:
 - stříhání bez vůle
 - stříhání s přidržovačem
 - stříhání s nátlakovou hranou
 - reverzní stříhání
 - stříhání se zápornou vůlí

2.1.6 Střížné nástroje a funkční části [15], [17], [19], [40]

Střížný nástroj

Na kvalitu vyráběné součásti má zásadní vliv správná konstrukce a vhodnost použitého materiálu. Jednoduchý střížný nástroj je na obr. 2.12. Střížné nástroje by měly být konstruovány tak, aby je bylo možné využívat co nejdéle bez dalšího zásahu, jako je např. broušení hran, geometrie nebo úplná výměna dílů. Všechny funkční části stříhadla jsou svým užíváním opotřebovávány a kvůli tomu klesá přesnost výroby. Podle přesnosti je stříhání děleno na tři skupiny:



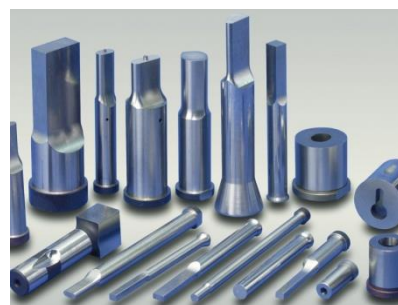
Obr. 2.12 Střížný nástroj [15]

- nižší přesnost (IT 14–16)
- střední přesnost (IT 11–12)
- zvýšená přesnost (IT 6–9)

Funkční části

Mezi funkční části střížných nástrojů jsou řazeny střížník a střížnice.

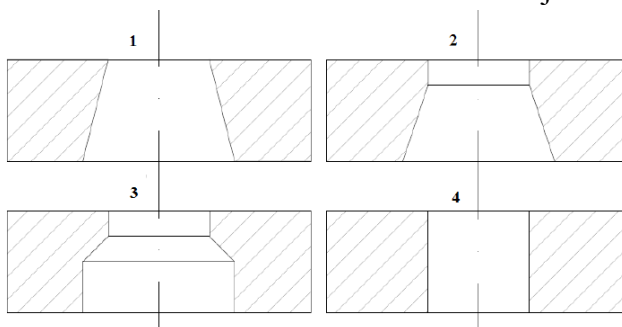
- Střížník – většina střížníků je vyrobena z jednoho kusu materiálu, obr. 2.13. Pouze velké střížníky jsou konstruovány z více částí, kde



Obr. 2.13 Střížníky [19]

upínací část je konstruována z levnějšího materiálu. Tím je zajištěna nižší výrobní cena. Funkční část střížníku je vyrobena nejčastěji z nástrojové oceli. Střížníky jsou děleny podle způsobu upínání do kotevní desky. Typy upínání:

- přírubou
 - šroubem
 - zapuštěním
 - roznýtováním
- střížnice – tento díl je taktéž řazen mezi funkční části střížného nástroje. Během provozu jsou břity opotřebovávány a tím narůstá střížná síla. Proto je střížnice vyráběna z nástrojové oceli a často břity bývají zakaleny, zejména u přesného stříhání. Důležitý aspekt u střížnic je geometrie otvorů ve střížnici. Příklady geometrie jsou uvedeny na obr. 2.14.

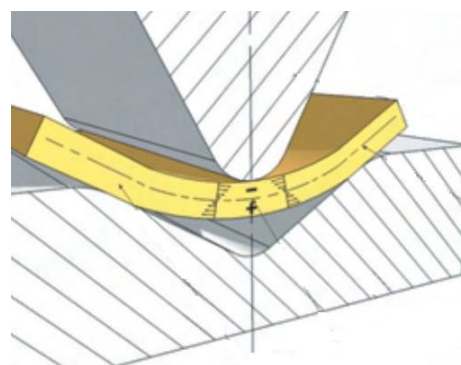


Obr. 2.14 Druhy otvorů ve střížnici [28]

2.2 TECHNOLOGIE OHÝBÁNÍ [1], [3], [41]

Technologie ohýbání je taktéž řazena mezi základní operace tváření. Ve většině případech je před samotné ohýbání řazena jiná operace. Nejčastěji se jedná o stříhání. Polotovar pro ohýbání je připraven stříháním na požadovaný tvar. Ohýbání může být prováděno za studena i za tepla. Za tepla jsou ohýbány křehké a tvrdé materiály.

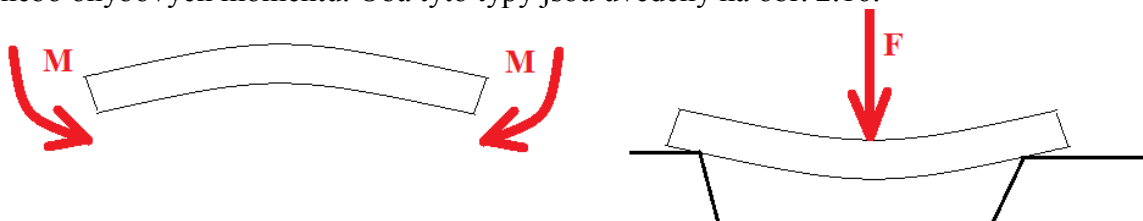
Plech, svitky, dráty i trubky jsou materiály, které se dají ohýbat. Všechny ohýbací nástroje se skládají z ohybníku a ohybnice, kde ohybník je pohyblivou částí. Přípravky jsou děleny na strojní a ruční. U strojního ohýbání jsou hojně využívány přípravky do lisů (obr. 2.15) nebo ohraňovací stroje. U ručního ohýbání jsou využívány ruční nástroje.



Obr. 2.15 Ohýbání [1]

2.2.1 Princip ohýbání [1], [12]

Během ohýbání dochází k trvalému přetvoření ohýbaného materiálu vlivem lokálních sil nebo ohybových momentů. Oba tyto typy jsou uvedeny na obr. 2.16.

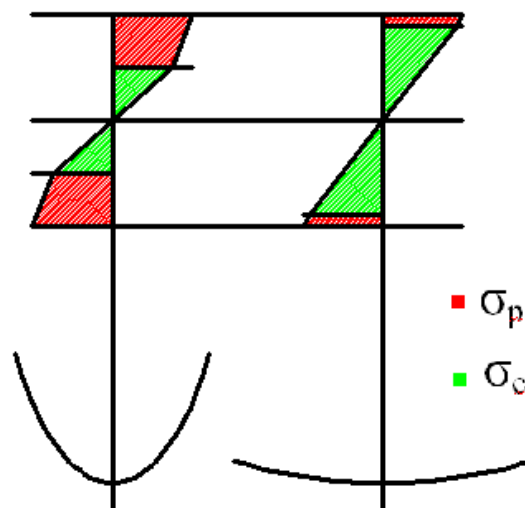
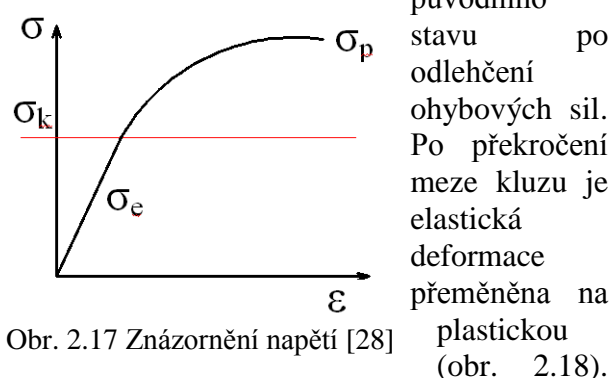


Obr. 2.16 Možnosti ohybu

Při ohýbání je možné poloměr zakřivení zmenšovat až do kritické hodnoty, nebo se zakřivení může zvětšovat až k úplnému narovnání součásti.

2.2.2 Napjatosti [14], [26], [28]

Při jakémkoli ohýbání je na vnitřní vlákna ohýbané součásti vyvíjen tlak a oproti tomu na vnější vlákna je vyvíjen tah. V první fázi ohybu se jedná o elastickou deformaci, která se nachází pod mezí kluzu. To je patrné na obr. 2.18. Pokud není překročena mez kluzu, viz. obr. 2.17, ohýbaný materiál je vždy vrácen do



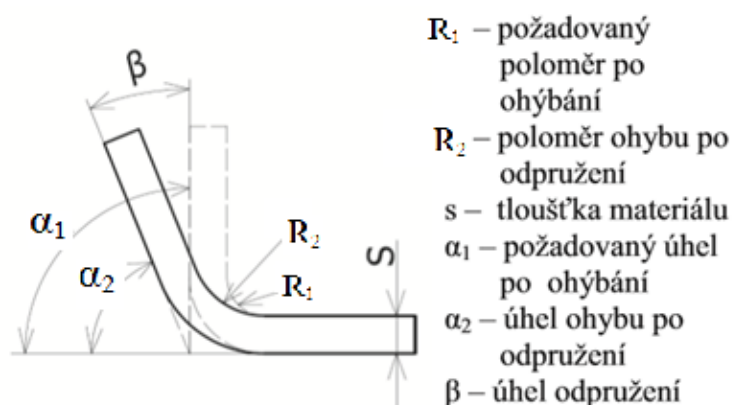
Čím menší je úhel ohybu, tím menší je pružná deformace v okolí neutrální osy. Právě pružná deformace má za následek odpružení materiálu po uvolnění sil.

Místo ohybu je tedy rozděleno na tři pásma:

- Pásma pružných deformací kolem neutrální osy
- Vnější pásma trvalého prodloužení
- Vnitřní pásma trvalého napěchování

2.2.3 Odpružení [3], [28], [37], [41]

Nedílnou součástí ohýbání je odpružení materiálu po uvolnění ohybových sil. Tento jev je znázorněn na obr. 2.19. Při ohybu není překročena mez pevnosti materiálu a dochází pouze k plasticko-elastickému přetvoření. Následkem je změna rozměrů požadované součásti a odlišný úhel po ohnutí.



Na odpružení má vliv mnoho faktorů:

- vlastnosti ohýbaného materiálu – zejména elasticita,

- tloušťka materiálu – s rostoucí tloušťkou klesá velikost odpružení,
- poloměr ohybu – čím je větší poloměr ohybu, tím větší je odpružení,
- technologie ohýbání – vhodnou technologií lze odpružení minimalizovat,
- anizotropie ohýbání – vhodným směrem vláken lze také velikost odpružení eliminovat.

Pro zjištění velikosti odpružení lze použít diagram (obr. 2.20) nebo může být použit výpočet. Výpočet je dělen na dvě skupiny podle typu ohýbání:

Pro tvar “V”:

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \cdot \frac{l_v}{x \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} [^\circ] \quad (2.7)$$

kde: Re ... mez kluzu materiálu [MPa],
 l_v ... vzdálenost mezi středy opěr ohybnice [mm],
 E ... modul pružnosti v tahu [MPa],
 x ... koeficient podílu R/s [-].

Pro tvar “U”:

$$\operatorname{tg} \beta = 0,75 \cdot \frac{l_u}{x \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} [^\circ] \quad (2.8)$$

kde: l_u ... vzdálenost mezi středy poloměrů ohybnice a ohybníku [mm],
 Re ... mez kluzu materiálu [MPa],
 E ... modul pružnosti v tahu [MPa],
 x ... koeficient podílu R/s [-].

Všechny výše uvedené faktory pro odpružení lze využít i pro maximální a minimální poloměr ohybu. R_{\min} je minimální poloměr ohybu, kdy ještě není překročena mez pevnosti v krajních vláknech. Po překročení meze pevnosti dochází k lomu materiálu na vnější straně ohybu díky tečnému tahovému napětí. Minimální poloměr ohybu lze vypočítat vztahem:

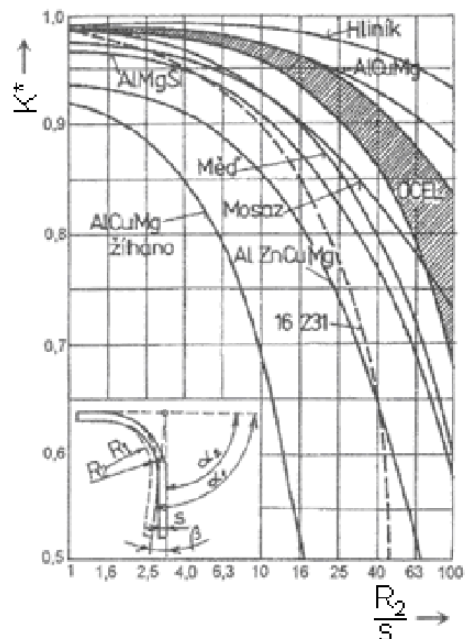
$$R_{\min} = c_0 \cdot s [\text{mm}] \quad (2.9)$$

kde: c_0 ... koeficient pro materiál [-],
 s ... tloušťka materiálu [mm].

Koeficient c_0 je v tab. 2.2 vyznačen pro různé typy materiálu.

Tab. 2.2 Hodnoty koeficientu c_0 [25]

Materiál	Měkká ocel	Mosaz	Hliník	Dural	Měď
Součinitel c_0	0,5 – 0,6	0,3 – 0,4	0,35	3,0 – 6,0	0,25



Obr. 2.20 Diagram odpružení [28]

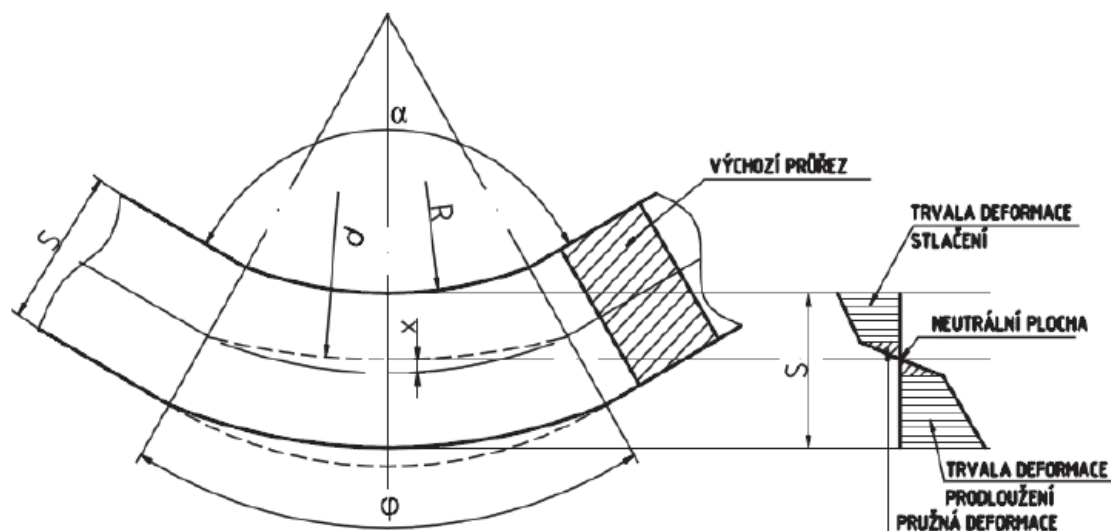
Ve chvíli, kdy v krajních vláknech nastane trvalá nevratná deformace, je mluveno o maximálním poloměru ohybu R_{max} . V ostatních přídech je uvažována pouze elastická deformace a po odlehčení dojde k narovnání ohýbaného materiálu. Tato kritická hodnota na mezi kluzu se vyjadřuje z Hookova zákona nebo pomocí rovnice:

$$R_{max} = \frac{E \cdot s}{2 \cdot Re} \text{ [mm]} \quad (2.10)$$

kde: Re ... mez kluzu materiálu [MPa],
 s ... tloušťka materiálu [mm],
 E ... modul pružnosti v tahu [MPa].

2.2.4 Posun neutrální osy [3], [12], [14]

V každém ohýbaném polotovaru se nachází tzv. neutrální plocha nebo u kruhových průřezů neutrální osa, viz obr. 2.21. Pokud je polotovar ve výchozím rovinném stavu, nachází se neutrální osa ve přímo ve středu průřezu materiálu. Neutrální osa je místo, kde nevzniká žádné napětí ani deformace v ohýbaných vláknech. S přibývajícím ohybovou silou vzrůstá vnitřní napětí materiálu, vnější vlákna jsou natahována a vnitřní stlačována. Současně dochází



Obr 2.21 Posun neutrální osy [12]

i k přesunu materiálu s tahem zatížené oblasti do tlakové oblasti. To má za následek změnu polohy neutrální osy (plochy). Tato osa (plocha) se posouvá směrem k vnitřnímu poloměru ohybu o danou hodnotu x . Hodnota koeficientu x je závislá především na poloměru ohybu a tloušťce materiálu. Hodnota x se získává z tabulek, které byly vytvořeny na základě provedených experimentů. Pro názornou ukázkou jsou v tab. 2.3 uvedeny velikosti posunutí neutrální osy pro materiál z mezí pevnosti do 400 MPa.

Tab. 2.3 Posunutí neutrální osy [12]

Mez pevnosti R_m [MPa]	Poměr R/s [mm]								
	0,8	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6
Do 400	0,40	0,41	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49

Jelikož je posunuta neutrální osa směrem k vnitřnímu poloměru ohybu, mění se délka uvažovaného oblouku. Ta se počítá z rovnice:

$$L_x = \frac{\pi \cdot \rho \cdot \varphi}{180} [\text{mm}] \quad (2.11)$$

kde: φ ... úhel úseku ($180^\circ - \alpha$) $[\circ]$,
 ρ ... poloměr neutrální osy [mm].

Rovnice pro výpočet neutrální osy:

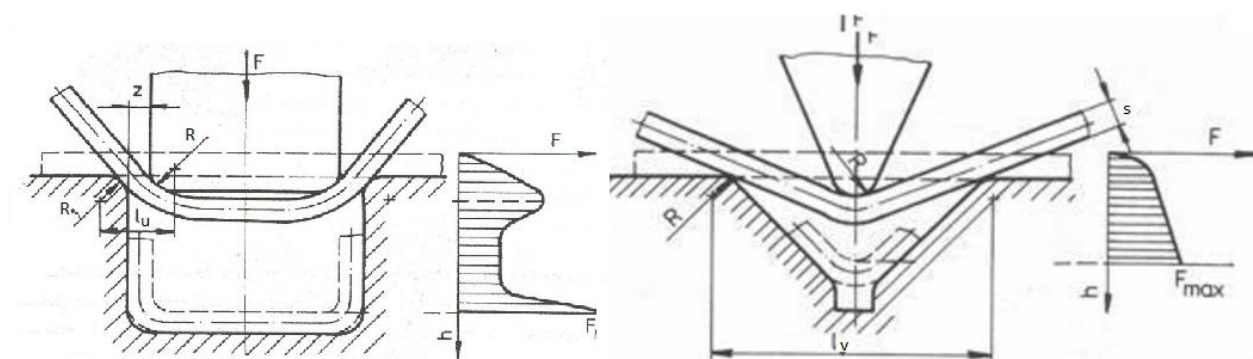
$$\rho = R + x \cdot s [\text{mm}] \quad (2.12)$$

kde: R ... vnitřní poloměr ohybu [mm],
 x ... koeficient podílu R/s [-],
 s ... tloušťka materiálu [mm].

Celková délka výchozího polotovaru je pak počítána ze všech rovných úseků a ze všech délek uvažovaných oblouků.

2.2.5 Ohýbací síla a práce [14], [26], [28], [37]

Ohyb může být prováděn na ohýbadlech v lisech nebo na ohraňovacích lisech. U ohybu jsou k dispozici dvě možnosti ohýbání. Do tvaru „V“ nebo do tvaru „U“. Ohýbací síly jsou počítány z rovnosti ohybových momentů, tzn. z ohybového momentu vnitřních a vnějších sil. Oba tvary ohybu jsou na obr. 2.22, kde vlevo je umístěn ohyb do tvaru „U“ a v pravé části obrázku tvar „V“.



Obr. 2.22 Základní typy ohybu [26]

- Určení ohybové síly a práce pro tvar „V“ - ohýbaný materiál je pomyslným nosníkem, který leží na dvou podpěrách. Tyto podpěry jsou od sebe vzdáleny velikosti „ l_v “. Uprostřed mezi podpěry na materiál působí zatěžující síla F_{ov} . Pro sílu je použit vzorec:

$$F_{ov} = \frac{b \cdot s^2 \cdot Re}{2 \cdot R} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} [\text{N}] \quad (2.13)$$

kde: F_{ov} ... ohybová síla pro tvar „V“ [N],
 α ... úhel ohybu $[\circ]$,
 b ... šířka polotovaru [mm].

Do úvahy musí být brány i další síly, kterými je ohyb doprovázen. Mezi takové síly je řazena například třecí síla nebo kalibrační síla. Obě síly budou ve výpočtech zahrnuty. Kalibrační síla je používána, aby se zmírnila velikost odpružení. Tím je vztah upraven na:

$$F_{oVc} = F_{oV} + F_{tř} + F_{kal} = F_{oV} + F_{oV} \cdot 0,3 + S_k \cdot q \text{ [N]} \quad (2.14)$$

kde: F_{oV} ... ohybová síla pro tvar „V“ [N],
 $F_{tř}$... třecí síla [N],
 F_{kal} ... kalibrační síla [N],
 S_k ... plocha kolmému průmětu na směr pohybu ohybníku [mm²],
 q ... kalibrační tlak (30 až 150 MPa) [MPa].

Ohybová práce pro tvar „V“ je dána vztahem:

$$A_{oV} = \frac{1}{3} \cdot F_{oV} \cdot \frac{z}{1000} \text{ [J]} \quad (2.15)$$

kde: A_{oV} ... práce pro tvar „V“ [J],
 F_{oV} ... ohybová síla pro tvar „V“ [N],
 z ... zdvih beranu [mm].

- Určení ohybové síly a práce pro tvar „U“ - u tohoto případu ohýbání je materiál také považován jako nosník, který je na dvou podpěrách. Rozdíl je v tom, že působící síla je rozložena, protože ohybník má rovné čelo. Tudíž se rameno ohybu mění na vzdálenost „ l_u “. Ohybové síly můžou být zvětšeny až o 1/3 F_o , pokud je počítáno se třením polotovaru o funkční části ohýbadla. Ohybová síla pro F_{oU} je dána vztahem:

$$F_{oU} = (1 + 7 \cdot \mu) \cdot \frac{b \cdot s^2 \cdot Re}{s + R} \text{ [N]} \quad (2.16)$$

kde: μ ... součinitel statického tření [-],
 F_{oU} ... ohybová síla pro tvar „U“ [N],
 b ... šířka polotovaru [mm],
 R ... vnitřní poloměr ohybu [mm],
 Re ... mez kluzu materiálu [MPa],
 s ... tloušťka materiálu [mm].

I v případě ohybu do „U“ bude vzorec upraven. Pro zmírnění odpružení bude připočítána navíc kalibrační síla.

$$F_{oUc} = F_{oU} + F_{kal} = F_{oU} + F_{oU} \cdot (2 \div 2,5) \text{ [N]} \quad (2.17)$$

kde: F_{oU} ... ohybová síla pro tvar „U“ [N],
 F_{kal} ... kalibrační síla [N].

Práce pro tuto ohybovou sílu se vypočítá podle vzorce:

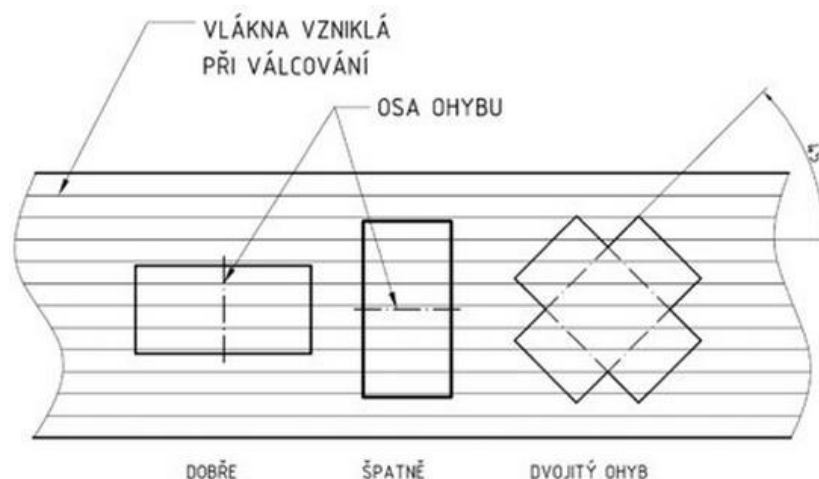
$$A_{oU} = \frac{2}{3} \cdot F_{oU} \cdot \frac{z}{1000} \text{ [J]} \quad (2.18)$$

kde: A_{oU} ... práce pro tvar „U“ [J],
 z ... zdvih beranu [mm].

Po sečtení všech ohybových a střižných sil je získána celková síla podle které je vybírán vhodný lis.

2.2.6 Technologičnost ohýbaných součástí [1], [12], [26], [28], [41]

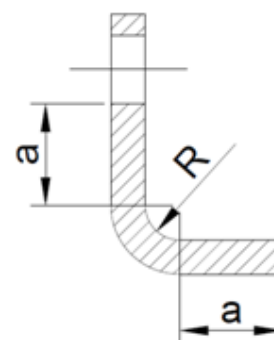
Jak již bylo zmiňováno, důležitým aspektem během procesu ohýbání je správné uložení směru vláken. Z obr. 2.23 vyplývá, že ideální směr vláken je kolmo na osu ohybu. Pokud to technologicky není možné, je doporučováno volit minimální uhel alespoň 30°.



Obr. 2.23 Umístění osy ohybu [28]

Pokud bude mít materiál velkou tloušťku a osa ohybu nebude uložena kolmo ke směru vláken, může dojít k překročení hodnoty R/s a budou vznikat trhliny na vnější straně ohybu. V případě, že je na součásti velké množství ohybů a není možné polotovar vhodně natočit, ohyb je volen podle namáhavosti ohybů při následném využívání zhotovené součásti.

Ve většině případů je před ohýbání řazeno stříhání, tj. ohýbaná součást může obsahovat otvory. V takovém případě je třeba určit minimální vzdálenost středu poloměru ohybu. Zobrazeno na obr. 2.24. Při nedodržení minimální vzdálenosti může dojít k deformaci otvorů v polotovaru.



Obr. 2.24 Minimální vzdálenosti

- Minimální vzdálenost otvoru od osy ohybu $\rightarrow a \geq 2s$
- Minimální délka ohýbaného ramene $\rightarrow a \geq 2s$
- Ostré úhly jsou vyráběny pouze kalibrací
- Zajištění materiálu proti posunu

2.2.7 Ohýbací nástroje a funkční části [11], [20], [32], [40]

I ohýbací nástroje jsou skládány z mnoha částí, jako je stopka, vodící stojánky, základová deska a další.

Ohýbací nástroj

Skládá se z podobných dílů jako střížný nástroj i co se použitého materiálu týče (obr 2.25). Na díly, které nejsou funkčními díly, je použita konstrukční ocel. Na funkční části bývá nejčastěji použita nástrojová ocel. Ohýbací nástroj by měl být konstruován pro dlouhou životnost, funkčnost a bezpečnost. Je skládán z pohyblivé a pevné části. V pevné části je často instalován vyhazovač, který zajistí vyhození součásti po ohnutí.

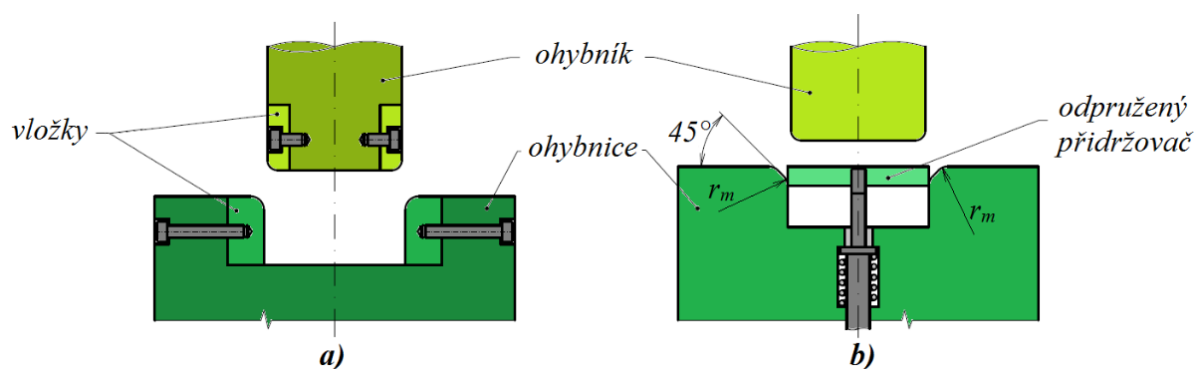


Obr. 2.25 Ohýbací nástroj [15]

Funkční části

Mezi funkční části je řazen ohybník a ohybnice.

- Ohybník – ohybník je pohyblivou částí ohýbadla. Je upevněn v pohyblivé části lisu (v beranu). Nejčastěji bývá zkonstruován z nástrojových ocelí např. materiál 19 191, 19 312 nebo se slinutých karbidů. Pokud jsou ohyby náročnější nebo nesymetrické, bývá povrch funkční části ohybníku zdrsňen, tím je zabráněno případnému posunutí ohýbaného polotovaru.
- Ohybnice – ohybnice je pevnou částí ohýbacího nástroje a taktéž je konstruována z nástrojových ocelí, jako tomu je u ohybníku. Pro zajištění kvality povrchu vyráběné součásti bývá ohybnice zaoblena na funkční hraně. Ohybnice je většinou vyráběna tak, že se dá plně vyjmout ze spodní části ohýbacího nástroje, aby se dala případně vyměnit nebo upravit. V ohybnici často bývá upevněn i vyhazovač. Možné varianty jsou na obr. 2.26.



Obr. 2.26 Funkční části ohýbacího nástroje [32]

3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI

V první kapitole bylo probána problematika výroby a možné typy výroby. Ze všech typů výroby byla zvolena technologie stříhání a ohýbání ve sdruženém nástroji. Vyráběný díl bude sloužit jako praktické opěrátko pro odložení mobilního telefonu. Byla hledána nejlevnější metoda výroby, aby se vyrobený díl dobře prodával a zároveň byl v prostoru nenápadný a užitečný. Velikost výrobní série byla odhadnuta na 200 000 ks/rok.

Pro výrobu byla předepsána výrobní tolerance IT11. Jedná se o střední přesnost výroby. Pro plech 1,5 mm, ze kterého bude díl vyráběn a vzhledem k použití je přesnost odpovídající. Díl bude vyráběn z nelegované konstrukční oceli 11 373. Pro tento materiál se budou vztahovat všechny výpočty.

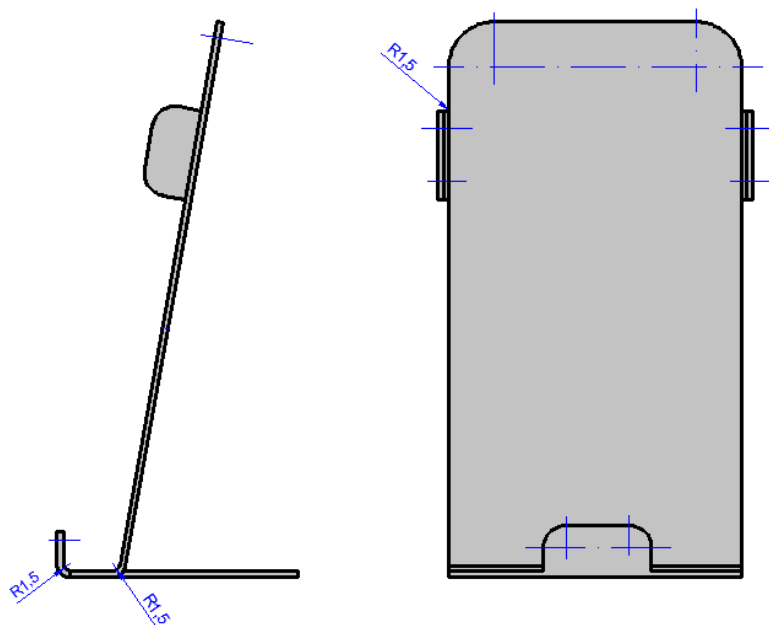
U vyráběného dílu jsou splněny všechny technologické podmínky:

- všechny tolerance a velikosti děr
- všechny hrany jsou zaobleny pro větší bezpečnost
- všechny ohyby jsou plynulé
- všechny otvory jsou v dostatečné vzdálenosti od okraje součásti.

3.1 ROZVINUTÝ TVAR SOUČÁSTI [3]

Pokud jsou ve vyráběném dílu ohyby, tak v rozvinutém tvaru se skutečné rozměry před a po ohnutí liší. Na obr. 3.1 je díl znázorněn po ohnutí se všemi úseky délek a všemi velikosti rádiusů. Jelikož je součást složitá, tak všechny délky jsou počítány podle vzorce:

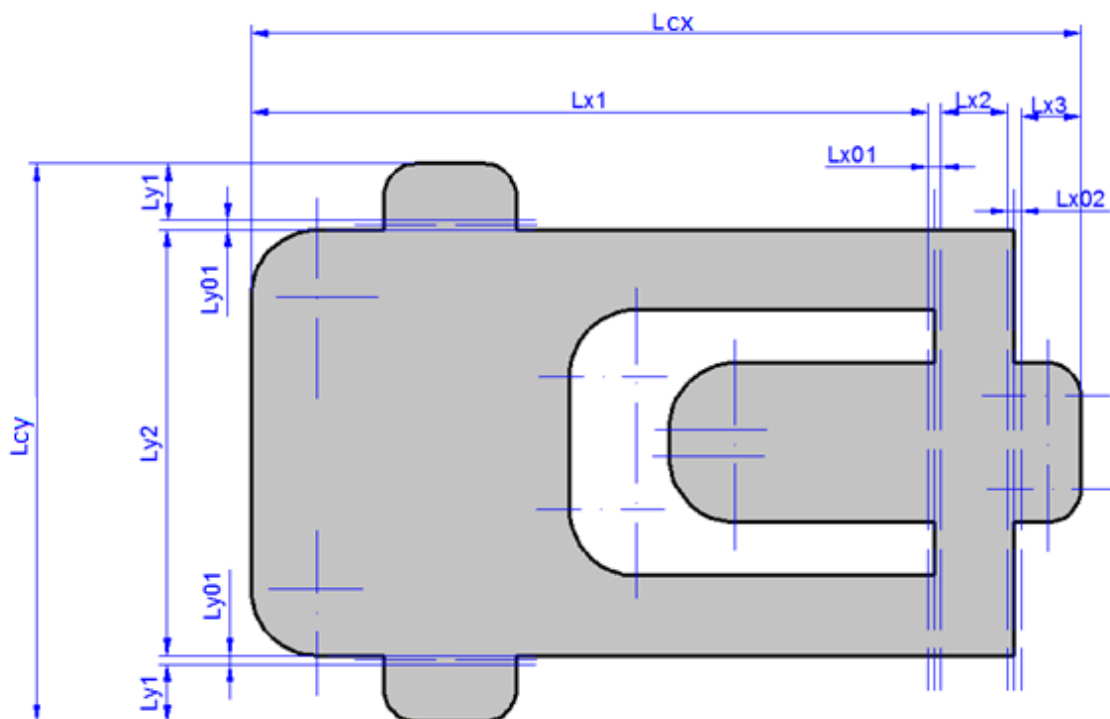
$$L_c = \sum_{i=1}^n L_i + \sum_{i=1}^n L_{0i} \quad (3.1)$$



Následně ze vztahu 2.10 a jsou spočítány jednotlivé úseky součásti.

Rozvinutý tvar, pro který budou výpočty provedeny je na obr. 3.2. Z obrázku 3.2 je viditelné, že ohyb bude prováděn jak v ose x, tak v ose y. Pro výpočet v místech, kde je ohyb, je třeba znát poloměr neutrální osy. Ten je vypočítán ze vzorce 2.11.

Obr. 3.1 Jednotlivé poloměry ohybu



Obr. 3.2 Základní parametry pro určení celkové délky rozvinuté součásti

➤ Výpočty pro osu X – úseky L_{x1} , L_{x2} a L_{x3} jsou pevné vzdálenosti, kde:

- $L_{x1} = 125 \text{ mm}$
- $L_{x2} = 10 \text{ mm}$
- $L_{x3} = 8,5 \text{ mm}$

Zbýlé úseky jsou dopočítány. Z tab. 2.4 byla zjištěna hodnota x . Následně ze vzorce (2.12) byl spočítán rádius neutrální osy.

$$x = \frac{R}{s} = \frac{1,5}{1,5} = 1 \rightarrow x_1 = 0,41$$

$$r_y = r_x = R + x \cdot s = 1,5 + 0,41 \cdot 1,5 = 2,115 \text{ mm}$$

○ Výpočet úseku L_{x01}

$$L_{x01} = \frac{\pi \cdot r_x \cdot \alpha}{180} = \frac{\pi \cdot 2,115 \cdot 90}{180} = 3,32 \text{ mm}$$

○ Výpočet úseku L_{x02}

$$L_{x02} = \frac{\pi \cdot r_x \cdot \alpha}{180} = \frac{\pi \cdot 2,115 \cdot 70}{180} = 2,95 \text{ mm}$$

Výpočet celkové délky L_{Cx} :

$$L_{Cx} = L_{x1} + L_{x2} + L_{x3} + L_{x01} + L_{x02} = 125 + 10 + 8,5 + 3,32 + 2,95 = 149,77 \text{ mm} \\ = 150 \text{ mm}$$

➤ Výpočet pro osu Y – u výpočtu pro osu Y bude totožný postup jako pro osu X. Úseky L_{y1} a L_{y2} jsou totožné.

- $L_{y1} = 8,5 \text{ mm}$
- $L_{y2} = 65 \text{ mm}$

Ostatní úseky jsou počítány následovně:

○ Výpočet úseku L_{y01}

$$L_{y01} = \frac{\pi \cdot r_y \cdot \alpha}{180} = \frac{\pi \cdot 2,115 \cdot 90}{180} = 3,32 \text{ mm}$$

Výpočet celkové délky L_{Cy} :

$$L_{Cy} = 2 \cdot L_{y1} + L_{y2} + 2 \cdot L_{y01} = 2 \cdot 8,5 + 65 + 2 \cdot 3,32 = 88,65 \text{ mm} = 89 \text{ mm}$$

Vzhledem k tomu, že součást není funkčním dílem, je možné zaokrouhlit rozměry finální rozměry na celá čísla. Potom vznikne:

$$L_{Cx} = 150 \text{ mm},$$

$$L_{Cy} = 89 \text{ mm}.$$

3.2 NÁSTŘIHOVÝ PLÁN [31], [40]

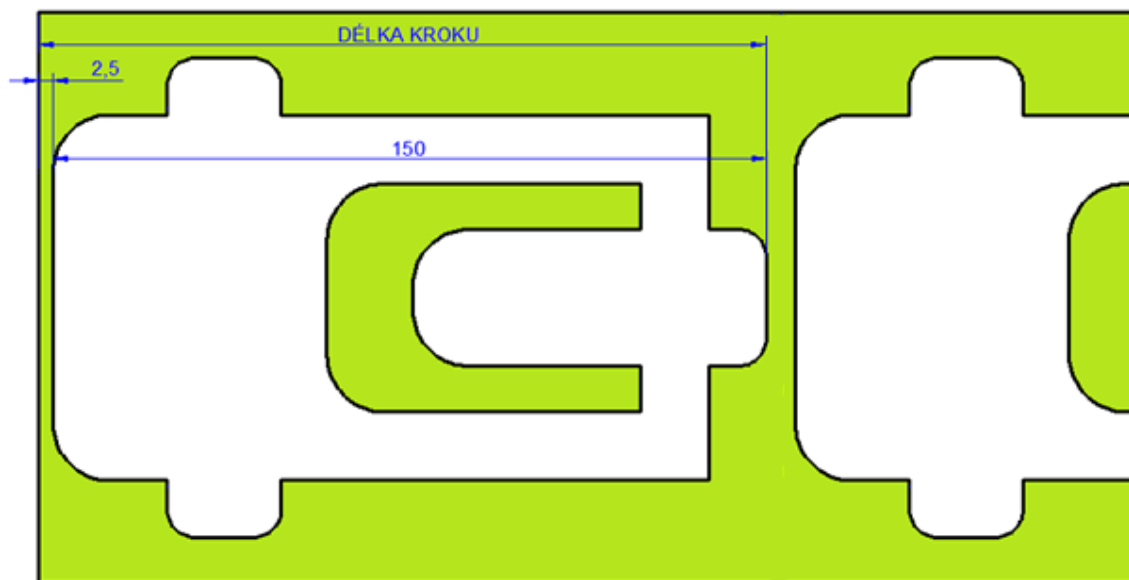
Pro výrobu je důležité správné uspořádání součástí na pás plechu. Pro správné uspořádání existuje několik kritérií, která jsou nezbytná dodržet. Mezi nejdůležitější faktory patří uspořádání součástí tak, aby postup výroby byl ve všech krocích plynulý a bezproblémový. Dalším faktorem je maximální možná využitelnost pásu plechu, aby byla výroba ekonomicky výhodná. Pro možnou výrobu jsou možné tři různé varianty uspořádání:

- podélné (obr. 3.3)
- příčné (obr. 3.4)
- obrácené o 180° (obr.3.5)

Ve všech těchto případech musí být pás plechu vždy širší, než uvádí normy (příloha 2). Jak bude uvedeno v kap. 3.3 spojovací můstky sousedních součástí na páse plechu jsou řešeny po vnějších okrajích, proto je velikost okraje pásu plechu zvětšena o 10 mm oproti hodnotám získaných z tabulek. Šířka pásu plechu pro podélné uspořádání je tedy navržena $\check{S}_1 = 100 \text{ mm}$ a pro příčné a protilehlé uspořádání $\check{S}_2 = 155 \text{ mm}$.

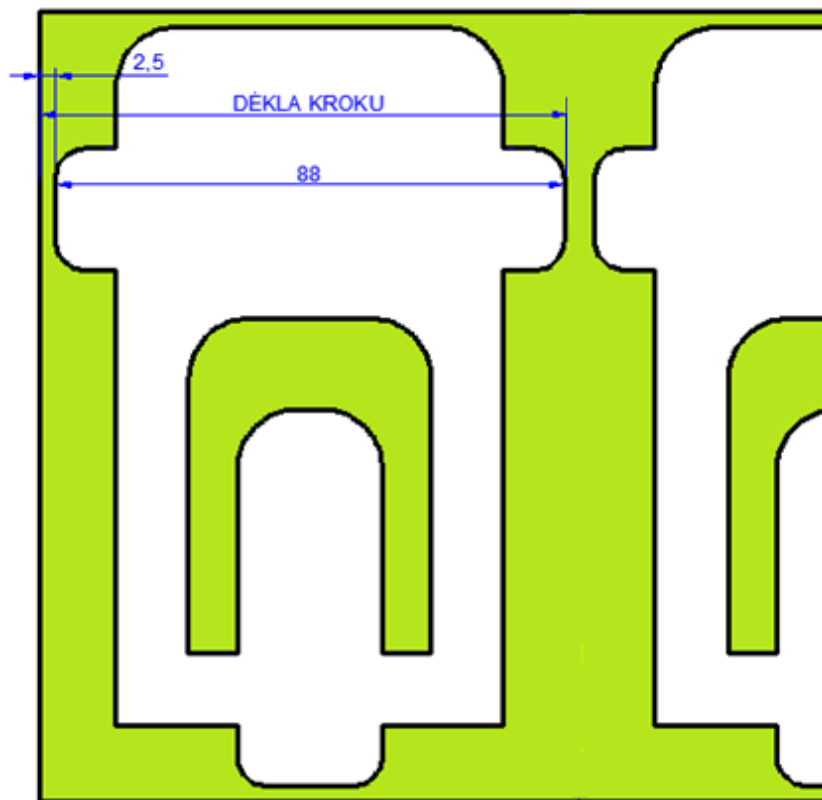
Pro každou metodu bude spočítáno procentuální využití.

Podélné uspořádání součásti na pás plechu:



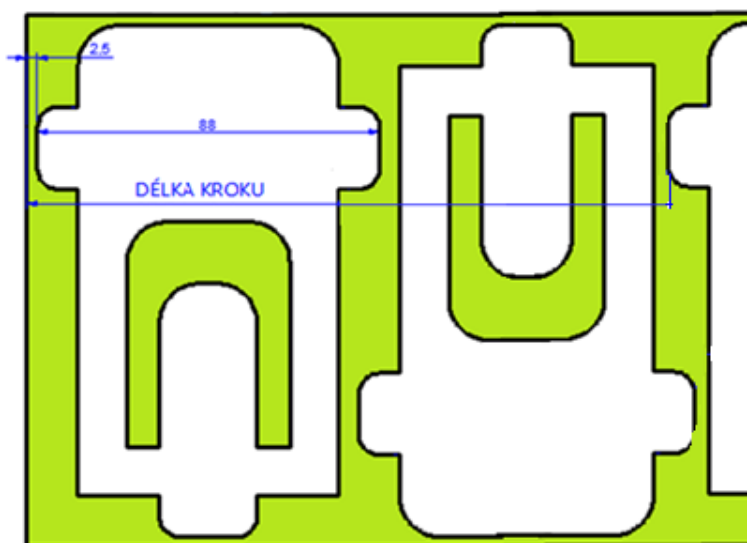
Obr. 3.3 Podélné uspořádání

Příčné uspořádání součásti na pás plechu:



Obr. 3.4 Příčné uspořádání

Protilehlé uspořádání součástí na pás plechu:



Obr. 3.5 Protilehlé uspořádání

Obsah polotovaru byl spočítán programem Catia. $S_s = 0,0094 \text{ m}^2 = 9388,7 \text{ mm}^2$.

Využitelnost jednotlivých možností uspořádání bude počítána vždy pro 4 díly na jednom pásu.

- Podélné využití pásu pro 4 díly

$$V_{Pod} = \frac{P_d \cdot S_v}{S_{pasu}} \cdot 100 = \frac{4 \cdot 9388,7}{100 \cdot 620} \cdot 100 = 60 \% \quad (3.1)$$

Pro zbývající typy uspořádání součástí na páse plechu byly výpočty provedeny analogicky a výsledné hodnoty procentuálního využití uvedeny přehledně do tab. 3.1.

Tab. 3.1 Procentuální využití pásů plechu pro 4 díly

Typ uložení	podélně	příčně	protilehlé
Délka pásu [mm]	620	372	166
Počet kusů na pásu [-]	4	4	4
Šířka pásů [mm]	100	155	155
Procentuální využití [%]	60	65	73

Z tabulky je patrné, že nejlepší využití pásu má protilehlé uspořádání výstřižků. Zdánlivě by pak mohla být volena tato možnost. Při výrobě je ale přihlíženo na technologičnost a postup výrob, což by v případě sloučeného nástroje bylo příliš komplikované, tudíž tato varianta uložení není možná. Další možností by mohlo být uložení příčné, který má využitelnost 65 %. Ale vzhledem k tomu, že by měla být zachována kolmost vláken k nejvíce namáhanému ohybu, bude volena varianta podélného uspořádání součástí. Sice je zde nejmenší procentuální využitelnost pásu plechu, ale pro výrobu zadaného dílce v kombinovaném nástroji je tento typ uspořádání nejvhodnější.

Pás plechu je možné získat více způsoby. Jeden z možných způsobů je využít tabule plechu, ze kterých budou nastříhány pásy o přesně definované šířce. Možné rozměry tabulí jsou P1,5 - 1 500 x 3 000, P1,5 - 1 250 x 2 500, P1,5 - 1 000 x 2 000 mm. Další možností je využití plechu ve formě svitku o přesně definované šířce a délce.

➤ Výpočet procentuálního využití tabule plechu P1,5 - 1 500 x 3 000 mm:

Počet pásů z tabule:

$$P_p = \frac{s_t}{s_p} = \frac{1500}{100} = 15 \text{ ks} \quad (3.2)$$

kde: s_t ... šířka tabule [mm]

s_p ... šířka jednoho pásu tabule [mm]

P_p ... počet pásů [ks]

Počet výstřížků z pásů:

$$P_v = \frac{d_t}{d_k} = \frac{3000}{155} = 19,3 \text{ ks} \quad (3.3)$$

kde: d_t ... délka tabule [mm]

d_k ... délka kroku tabule [mm]

P_v ... počet výstřížků [ks]

Vzhledem k tomu, že výstřížek musí být celý, je P_v zaokrouhlen směrem dolů na celé číslo 19 ks.

Počet výstřížků z jedné tabule:

$$P_{ct} = P_p \cdot P_v = 19 \cdot 15 = 285 \text{ ks} \quad (3.4)$$

Procentuální využití tabule:

$$V_{pt} = \frac{P_{ct} \cdot s_v}{s_t} \cdot 100 = \frac{285 \cdot 9388,7}{4\,500\,000} \cdot 100 = 60 \%$$

Ve variantě pro největší formát tabule plechu je z jedné tabule nastříháno 285 kusů dílů. Využití tabule je zde 57 %. Další formáty tabulí jsou na porovnání v tab. 3.2.

Tab. 3.2 Využití tabule plechu

Tabule [mm]	Počet pásů [ks]	Počet výstřížků z jednoho pásu [ks]	Celkem výstřížků [ks]	Využití tabule [%]
1 500 x 3 000	15	19	285	60
1 250 x 2 500	12	16	192	58
1 000 x 2 000	10	12	120	56

Největší využitelnost je 60 % z největšího formátu tabule, jak je patrné v tabulce. Pro srovnání jsou spočítány i varianty, kdy byl použit svitek o různých průměrech. Uspořádání součástí na svitek bude ve všech případech podélné. Z důvodu zachování kolmosti vláken k nejvíce namáhanému ohybu.

➤ Výpočet pro svitek plechu o velikosti $D_s = 1\,200$ mm a $d_s = 500$ mm:

Celková délka svitku:

$$L_s = \frac{\pi \cdot (D_s^2 - d_s^2)}{4 \cdot s} = \frac{\pi \cdot (1200^2 - 500^2)}{4 \cdot 1,5} = 623\,082 \text{ mm} \quad (3.5)$$

kde: d_s ... vnitřní průměr svitku [mm],

D_s ... vnější průměr svitku [mm],

L_s ... délka svitku [mm].

Počet kusů ze svitku:

$$P_{vs} = \frac{L_s}{d_k} = \frac{623\,082}{155} = 4\,019,9 = 4\,019 \text{ ks}$$

Počet z jednoho svitku na daném průměru je zaokrouhlen na celá čísla s celkovým počtem 4019 ks.

Procentuální využití svitku:

$$V_{ps} = \frac{P_{vs} \cdot S_v}{S_s} \cdot 100 = \frac{4\,019 \cdot 9\,388,7}{62\,308\,200} \cdot 100 = 61 \%$$

Celková využitelnost pro svitek plechu o rozměrech $D_s = 1\,200$ mm a $d_s = 500$ mm je 58 %. Další velikosti svitků s jejich využitím je uveden v tab. 3.3.

Tab. 3.3 Využití rozdílných velikostí svitků

Vnitřní průměr [mm]	250	300	350	400	450	500
Vnější průměr [mm]	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Délka [m]	721,23	706,9	689,8	670,2	648	623,1
Počet kusů [-]	4 653	4 560	4 450	4 323	4 180	4 019
Plocha [m ²]	72,1	70,7	69	67	64,8	62,3
Využití [%]	58	58	58	58	58	61

Vzhledem k tomu, že využití vyšlo u všech typů svitků stejně a to 61 %, je jedno, jaká velikost svitku bude použita pro výrobu. Využití tabule plechu bylo 60 %. V porovnání se svitkem plechu, který má využitelnost 61 % je to zanedbatelné. Vzhledem k tomu, že je hledána nejjednodušší možná metoda výroby, bude použit svitek plechu. Tím výroba může být automatická. Pro celou sérii 200 000 je třeba spočítat celkový počet svitků. Výpočet bude vycházet ze svitku o rozměrech $D_s = 1\,200$ mm a $d_s = 500$ mm.

Počet potřebných svitků pro celou výrobu:

$$X_s = \frac{Q}{P_{vs}} = \frac{200\,000}{4\,019} = 49,76 = 50 \text{ ks} \quad (3.6)$$

Na výrobu celé série bude třeba 50 kusů svitků.

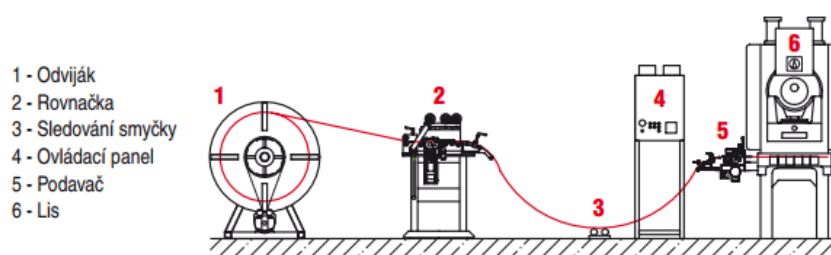
Celkové využití svitku pro celou sérii:

$$V_{cs} = \frac{Q \cdot S_v}{S_{sv} \cdot X_s} = \frac{200\,000 \cdot 9388,7}{6\,208\,200 \cdot 50} = 0,60 \quad (3.7)$$

Celkové využití všech použitých svitků zůstalo na 60 %.

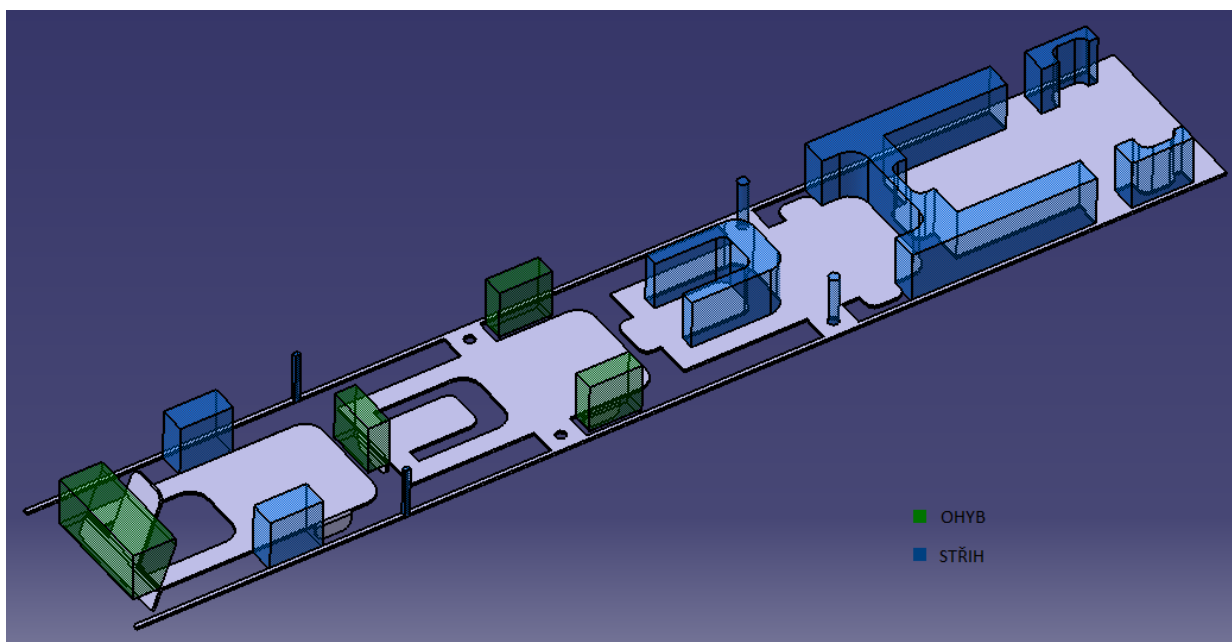
3.3 VÝROBNÍ POSTUP

Ze všech možných výrobních variant bylo rozhodnuto, že díl bude vyráběn postupovým nástrojem. To znamená, že všechny operace budou provedeny v jednom nástroji, který bude upevněn v lisu. Svitek plechu bude automaticky podáván pomocí podavače. Celá sestava je znázorněna na obr. 3.6.



Obr. 3.6 Výrobní linka [4]

Pro celou výrobu postačí jeden dělník. Do automatického podavače je upevněn svitek. Pomocí válečků je posouván vždy o přesně definovanou vzdálenost jednoho kroku do sdruženého nástroje. Při každém posunutí pásu plechu je provedena jedna operace. Postupná výroba až do finálního tvaru je na obr. 3.7. Celý proces je rozdělen do 4 kroků výroby. V první operaci je z velké části odstráněn obvod součásti. Aby mohlo dojít ke kroku dva, musí polotovár být posunut, tudíž musí být stále spojen s pásem plechu.



Obr. 3.7 Výrobní postup

Ve většině případů se můstky nachází na podélně straně. V tomto případě byly umístěny po bocích polotovaru. Důvodem je komplikovanost ohybu. Ve druhém kroku je dostřížen obvod, jsou vystřiženy středové otvory a dva otvory pro hledáčky, aby byla zaručená rovnost hrany při odstřížení vyrobeného dílu. Třetím krokem jsou ohnuty opěrné části vyráběné součásti. V posledním čtvrtém kroku je proveden poslední ohyb a součást je odstřížena od zbytku plechu. Vyhození součásti je řešeno pomocí vyhazovače z boční strany, který vyrobený díl a zbylý odpad vyhodí do připravené bedny. Vyrobené díly a odpad bude následně tříděn obsluhou linky.

3.4 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉ TECHNOLOGIE

Cena byla prioritním požadavkem pro výrobu. S přihlédnutím toho, že největší cenovou položkou jsou vždy stroje, tak byla hledána technologie, která bude jednoduchá, časově nenáročná a automatizovaná. Pro ukázkou jsou zde možné kombinace strojů pro výrobu.

- Stříhání na strojních nůžkách tabule plechu, vystřihnutí požadovaného tvaru, ohnutí na ohraňovacím lise.
- Stříhání na strojních nůžkách tabule plechu, další výroba v kombinovaném nástroji
- Vyřezání pomocí laseru požadovaný polotovar, poté použití ohraňovacího lisu
- Strojní podavač svitku plechu, kombinovaný nástroj v lisu

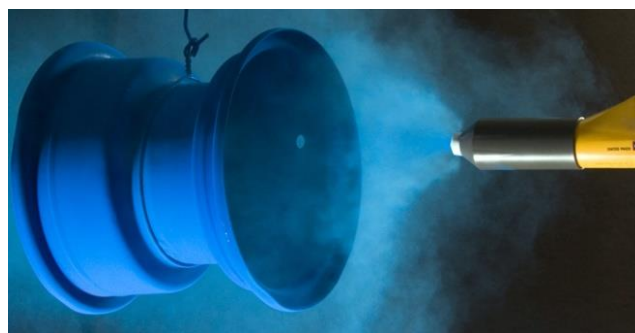
Ze všech možných kombinací byla vybrána ta, kde podavač automaticky posouvá svitek plechu o přesně definovaný krok do postupového nástroje, který je upevněn v lisu. I procentuální využití svitku plechu bylo výhodnější, než kdyby byly použity tabule plechu. Pro tuto metodu je potřebný pouze vhodný lis, ve kterém je upevněno postupové stříhadlo a automatický podavač. Po zhotovení součásti v tomto nástroji už zbývá jen povrchová úprava. Pro všechny stroje postačí jeden dělník, kterým je výroba kontrolována. Tímto výrobním způsobem klesnou náklady na stroje a obsluhu na minimum.

3.5 POVRCHOVÁ ÚPRAVA [22], [29]

Díl bude ze všech stran pohledový a bude denně využíván, proto musí být zajištěna zaoblenost všech hran a díl musí projít povrchovou úpravou. Většina hran bude zaoblena již během výroby v postupovém stříhadle. Ostatní hrany budou strhnuty, aby nedošlo k poranění během užívání. Aby nedocházelo ke korozi, díl musí být povrchově ošetřen. Typy povrchové úpravy:

- Zinkování
- Pískování
- Lakování

Z možných variant úpravy bude použito lakování. Existuje velké množství barevných odstínů, tudíž díl získá na atraktivnosti. Díl bude před samotným lakováním odmaštěn a po vysušení bude nanášena barva. Na obr. 3.8 je možná varianta povrchu.



Obr. 3.8 Lakování [22]

4 TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY

Od technologických výpočtů se odvíjí vhodná volba stroje, v tomto případě lisu, který bude pro práci používán. Výpočty budou provedeny zvlášť pro stříhání a zvlášť pro ohýbání.

4.1 VÝPOČTY PRO TECHNOLOGII STŘÍHÁNÍ [25], [27], [28]

Pro každý stříhaný tvar, který je odlišný bude spočítána střížná síla. Všechny tyto střížné síly budou následně sečteny, čímž se získá celková střížná síla, ze které bude spočítána střížná práce. Dále budou provedeny i kontrolní výpočty, jako je kontrola na vzpěr, velikost střížné vůle a výpočet bezpečné výšky střížnice.

Mez pevnosti ve stříhu

$$\tau_s = 0,77 \cdot R_m = 0,77 \cdot 350 = 269,5 \text{ MPa} \quad (4.1)$$

kde: R_m ... Mez pevnosti v tahu [MPa].

Výpočet střížné plochy

$$S_s = o \cdot s \text{ [mm}^2\text{]} \quad (4.2)$$

kde: o ... obvod střížné plochy [mm],
 s ... tloušťka materiálu [mm].

4.1.1 Střížná síla

V nástroji je celkem 10 střížníků, z nichž je 6 střížníků různých tvarů a velikostí. Délky stříhaných částí pro jednotlivé střížníky jsou uvedeny v tab. 4.1. Pro každý střížník je spočítána střížná síla a všechny výsledky jsou přehledně zobrazeny v tab. 4.1. Střížná síla bude počítána ze vztahu (2.3).

Střížník pro odstříhnutí bočních opěr

$$F_{s1} = n_s \cdot S_{s1} \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 151,1 \cdot 269,5 = 48\,865,74 \text{ N}$$

Střížník pro výrobu hledáčkové díry o průměru 6 mm.

$$F_{s2} = n_s \cdot S_{s2} \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 56,6 \cdot 269,5 = 18\,288,27 \text{ N}$$

Střížník pro vystřížení opěrné nohy

$$F_{s3} = n_s \cdot S_{s3} \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 388,7 \cdot 269,5 = 125\,705,58 \text{ N}$$

Střížník pro obstřížení tvaru

$$F_{s4} = n_s \cdot S_{s4} \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 595,4 \cdot 269,5 = 192\,552,36 \text{ N}$$

Střížník pro odstřížení součásti od zbytku plechu

$$F_{s5} = n_s \cdot S_{s5} \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 30 \cdot 269,5 = 9\,702 \text{ N}$$

Střížník pro oddělení zbytku plechu z pásu

$$F_{s6} = n_s \cdot S_{s6} \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 7,5 \cdot 269,5 = 2\,425,5 \text{ N}$$

Střížná síla všech střížníků

$$F_{sř} = F_{s1} \cdot 2 + F_{s2} \cdot 2 + F_{s3} + F_{s4} + F_{s5} \cdot 2 + F_{s6} \cdot 2 \quad (4.3)$$

$$F_{sř} = 48\,865,4 \cdot 2 + 18\,288,27 \cdot 2 + 125\,705,58 + 192\,552,36 + 9\,702 \cdot 2 + 2\,425,5 \cdot 2$$

$$F_{sř} = 476\,820,3\,N = 476,8\,kN$$

Tab.4.1 Shrnutí střížníků

Střížník	1	2	3	4	5	6
Obvod [mm]	100,7	37,7	259,1	396,9	20	5
Střížná plocha [mm ²]	151,1	56,6	388,7	595,4	30	7,5
Střížná síla [kN]	48,9	18,3	125,7	192,6	9,7	2,4

Pro přesnější výpočty musí být zahrnuty stírací a protlačovací síly ze vztahu (2.4.) a (2.5.)

Stírací síla

$$F_{st} = k_{et} \cdot F_s = 0,11 \cdot 476,8 = 52,5\,kN$$

Protlačovací síla

$$F_{sv} = n_v \cdot k_{ev} \cdot F_s = 1 \cdot 0,05 \cdot 476,8 = 23,8\,kN$$

Pro výpočet celkové střížné síly byly vypočítány všechny potřebné údaje, takže celková střížná síla bude vypočítána vztahem (4.4).

$$F_{ss} = F_{ss} + F_{st} + F_{sv} = 476,8 + 52,5 + 23,8 = 553,1\,kN \quad (4.4)$$

kde: F_{ss} ... celková střížná síla [N],

F_{st} ... stírací síla [N],

F_{sv} ... protlačovací síla [N].

Po přičtení všech působících sil byla celková střížná síla vypočítána na 553,1 kN.

4.1.2 Střížná práce

Je určena ze vztahu (2.6).

$$A_s = \frac{k \cdot F_{ss} \cdot s}{1000} = \frac{0,5 \cdot 553 \cdot 100 \cdot 1,5}{1000} = 414,8\,J$$

Střížná práce byla spočítána na 414,8 J.

4.1.3 Výpočet střížné vůle

Aby byla zajištěna správná funkčnost přípravku a byly zajištěny vhodné střížné podmínky je třeba vhodně stanovit střížnou vůli ze vztahu (2.1). Pro potřeby výrobku je dostačující střední hodnota c . Tudíž z rozmezí $c = 0,005 \div 0,035$ byla zvolena velikost konstanty $c = 0,02$.

$$v = 2 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{0,1 \cdot \tau_s} = 2 \cdot 0,02 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{0,1 \cdot 269,5} = 0,31\,mm$$

Ideální střížná vůle pro dobré střížné podmínky je 0,31 mm. Jelikož nebyla definována tolerance konstrukčních dílů, tak všechny tyto díly budou tolerovány dle univerzální normy ČSN 22 6015.

4.1.4 Kontrola střižníků na vzpěr [25], [40]

Kontrola bude provedena pro střižník kruhového průměru 6 mm. Bude spočítána výsledná maximální délka pro střižník. Pokud by byla délka střižníku větší, než je povoleno, mohlo by dojít k deformaci nebo úplnému zničení střižníku a celého nástroje.

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot d \cdot s \cdot \tau_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 63,62}{1,8 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 269,5}} = 347,6 \text{ mm} \quad (4.5)$$

kde: E ... modul pružnosti v tahu [MPa],
I ... moment setrvačnosti v průřezu [mm⁴],
 τ_s ... pevnost ve stříhu [MPa],
n ... koeficient bezpečnosti [-],
d ... průměr střižníku [mm],
s ... tloušťka materiálu [mm].

Maximální bezpečná délka střižníku je 347,6 mm.

Vztah pro moment setrvačnosti v průřezu:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 6^4}{64} = 63,62 \text{ mm}^4 \quad (4.6)$$

kde: d ... průměr střižníku [mm].

4.1.5 Výpočet tloušťky střižnice [25]

Pro výrobu nástroje je třeba znát minimální bezpečnostní výšku střižnice. Pokud by výška střižnice byla menší, než je požadovaná, mohlo by dojít k deformaci. Minimální výška střižnice bude spočítána ze vztahu:

$$H_{ss} = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_{ss}} = \sqrt[3]{0,1 \cdot 553\,100} = 38,1 \text{ mm} \quad (4.7)$$

kde: H_{ss} ... nejmenší výška střižnice [mm],
 F_{ss} ... celková střižná síla [N].

Minimální výška střižnice byla ze vztahu (4.7) spočítána na $H_{ss} = 38,1$ mm. Pro větší bezpečnost bude výška střižnice $H = 50$ mm.

4.2 VÝPOČTY PRO TECHNOLOGII OHÝBÁNÍ [25], [26]

Mezi tyto výpočty je řazen výpočet minimálního a maximálního poloměru ohybu, výpočet odpružení materiálu po ohnutí a určení ohybové síly a práce z výpočtů.

4.2.1 Ohýbací síla

Celkem je součást vyrobena třemi ohyby. 1. do tvaru „U“ a 2. do tvaru „V“. Všechny výsledky pro ohýbací síly jsou znázorněny v tab. 4.2.

Ohyb do tvar „V“

Ohyb opěrné hrany

$$F_{oV1} = \frac{b \cdot s^2 \cdot Re}{2 \cdot R} \cdot tg \frac{\alpha}{2} = \frac{25 \cdot 1,5^2 \cdot 235}{2 \cdot 1,5} \cdot tg \frac{90}{2} = 3\,115,7 \text{ N}$$

Finální ohyb

$$F_{oV2} = \frac{b \cdot s^2 \cdot Re}{2 \cdot R} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{65 \cdot 1,5^2 \cdot 235}{2 \cdot 1,5} \cdot \operatorname{tg} \frac{70}{2} = 6\,571 \text{ N}$$

Ohyb do tvaru „U“

$$F_{oU} = (1 + 7 \cdot \mu) \cdot \frac{b \cdot s^2 \cdot Re}{s + R} = (1 + 7 \cdot 0,15) \cdot \frac{20 \cdot 1,5^2 \cdot 235}{1,5 + 1,5} = 7\,226,3 \text{ N}$$

Tab. 4.2 Výsledek jednotlivých ohybových sil

Tvar ohybu	Tvar „U“	Tvar „V“ 90°	Tvar „V“ 70°
Ohybová síla [N]	7 226,3	3 115,7	6 571,0

Součet všech ohybových sil

$$F_o = F_{oV1} + F_{oV2} + F_{oU} = 3\,115,7 + 6\,571,0 + 7\,226,3 = 16\,913 \text{ N} \quad (4.8)$$

Celková ohybová síla byla spočítána $F_o = 16\,913 \text{ N} = 16,9 \text{ kN}$.

4.2.2 Ohybová práce

Práce potřebná pro ohyb je spočítána zvlášť pro ohyb do tvaru „U“ a zvlášť pro tvar „V“.

Ohybová práce pro tvar „V“ je spočítána ze vztahu (2.15).

$$A_{oV} = \frac{1}{3} \cdot (F_{oV1} + F_{oV2}) \cdot \frac{z}{1000} = \frac{1}{3} \cdot (3\,115,7 + 6\,571) \cdot \frac{15}{1000} = 48 \text{ J}$$

Ohybová práce pro tvar „U“ je spočítána ze vztahu (2.18).

$$A_{oU} = \frac{2}{3} \cdot F_{oU} \cdot \frac{z}{1000} = \frac{2}{3} \cdot 7\,226,3 \cdot \frac{15}{1000} = 72,3 \text{ J}$$

Celková ohybová práce

$$A_{oc} = A_{oV} + A_{oU} = 48 + 72,3 = 120,3 \text{ J}$$

Výsledná ohybová práce v kombinovaném nástroji je $A_{oc} = 120,3 \text{ J}$.

4.2.3 Úhel odpružení

Jelikož jsou v součásti obsaženy ohyby do tvaru „U“ i do tvaru „V“, tak pro výpočty budou použity vztahy (2.7) a (2.8).

Výpočty odpružení pro tvar „V“

Opěrná hrana

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \cdot \frac{l_v}{x \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} = 0,375 \cdot \frac{20}{1,5 \cdot 0,41} \cdot \frac{235}{2,1 \cdot 10^5} = 0,014$$

$$\rightarrow \beta = 0^\circ 48'$$

Finální tvar

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \cdot \frac{l_v}{x \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} = 0,375 \cdot \frac{40}{1,5 \cdot 0,41} \cdot \frac{235}{2,1 \cdot 10^5} = 0,0273$$

$$\rightarrow \beta = 1^\circ 33'$$

Výpočty odpružení pro tvar „U“

$$tg \beta = 0,75 \cdot \frac{l_u}{x \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} = 0,75 \cdot \frac{3}{1,5 \cdot 0,41} \cdot \frac{235}{2,1 \cdot 10^5} = 4,094 \cdot 10^{-3}$$

$$\rightarrow \beta = 0^\circ 14'$$

Vzhledem k tomu, že vyráběný díl slouží pouze k odkládání mobilních telefonů a není nastavena vysoká přesnost výroby, tak odpružení je vyhovující a není třeba kalibrace.

4.2.4 Výpočet poloměrů ohybů

Pro výrobu je nutné znát minimální poloměr ohybu, aby nedocházelo při výrobě k praskání materiálu na vnější straně ohybu. Také je potřeba znát maximální poloměr ohybu. Výpočty jsou provedeny ze vztahů (2.9) a (2.10).

Výpočet minimálního poloměru ohybu.

$$R_{min} = c_0 \cdot s \cdot 1,4 = 0,55 \cdot 1,5 \cdot 1,4 = 1,155 \text{ mm}$$

Konstanta c_0 byla volena z rozmezí $0,5 \div 0,6$. Tato tolerance je přiřazena měkké oceli. Pro tento případ byla volena střední hodnota $c_0 = 0,55$. Z výpočtu je patrné, že minimální poloměr ohybu $R_{min} = 1,155 \text{ mm}$.

Výpočet maximálního poloměru ohybu.

$$R_{max} = \frac{E \cdot s}{2 \cdot Re} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,5}{2 \cdot 235} = 670 \text{ mm}$$

4.3 URČENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ [3], [34], [39]

Polohu těžiště je možné určit buď graficky anebo analyticky podle vztahů (4.8) a (4.9). Těžiště je působíště sil, do kterého bývá umístěna stopka. Právě pomocí stopky bývá nástroj vycentrován v beranu lisu. Menší přípravky jsou drženy pouze stopkou. Pokud daný lis nemá řešeno upínání nástroje pomocí stopky, je znalost těžiště užitečná pro správné ustavení nástroje v T-drážkách, a to tak, aby při práci nástroje docházelo k rovnoměrnému opotřebení nástroje. V případě, že by přípravek nebyl vycentrován v beranu lisu, mohlo by dojít ke zničení nástroje. Vztah pro výpočet těžiště:

$$X = \sum \frac{F_i \cdot x_i}{F_i} [\text{mm}] \quad (4.8)$$

$$Y = \sum \frac{F_i \cdot y_i}{F_i} [\text{mm}] \quad (4.9)$$

kde: Y, X ... vzdálenost od referenčního bodu [mm],

x_i, y_i ... vzdálenost těžiště obrazce k referenčnímu bodu [mm],

F_i ... daná síla pro každý obrazec [N].

Na obr. 4.1 je patrné, že součást je symetrická, tudíž vzdálenost těžiště v ose $y = 0$ a proto stačí spočítat pouze vzdálenost těžiště v ose x .

$$X = \frac{2 \cdot F_{S1} \cdot x_1 + F_{S4} \cdot x_3 + 2 \cdot F_{S6} \cdot x_3 + F_{S3} \cdot x_5 + 2 \cdot F_{S6} \cdot x_7 + 2 \cdot F_{S5} \cdot x_9 + F_{OV1} \cdot x_{12} + F_{OV2} \cdot x_{13} + F_{OU} \cdot x_{11}}{F_{S1} + F_{S4} + F_{S6} + F_{S3} + F_{S6} + F_{S5} + F_{OV1} + F_{OV2} + F_{OU}}$$

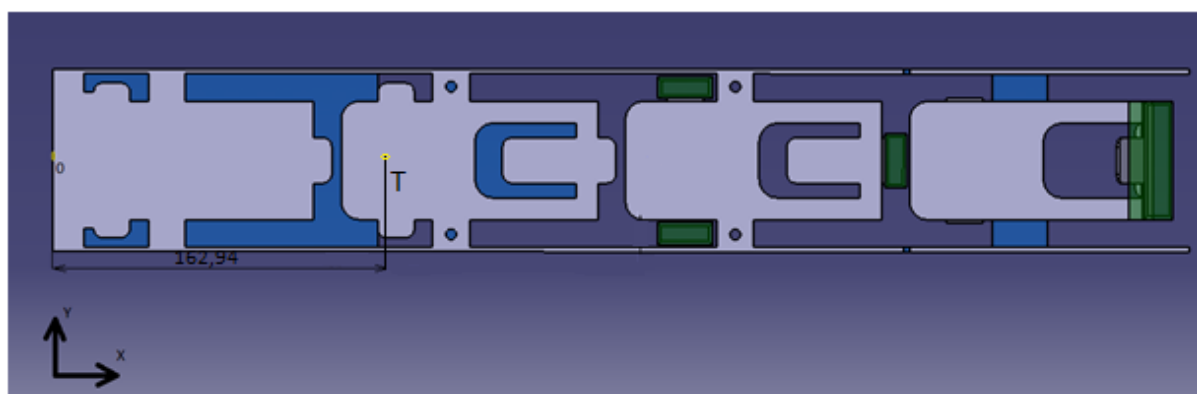
$$X = \frac{80\,446\,407,6}{493\,733,96}$$

$$X = 162,94 \text{ mm}$$

Pro přehlednost jsou v tab. 4.3 uvedeny všechny potřebné hodnoty k výpočtu těžiště.

Tab. 4.3 Hodnoty pro výpočet těžiště

nástroj	x [mm]	F _i [N]	M _x [M·mm]
Střížník na boční opěrky	35,2	48 865,74	1 720 074,1
Střížník na boční opěry	35,2	48 865,74	1 720 074,1
Střížník pro obstřížení tvaru	135,2	192 552,36	26 090 844,8
Střížník pro hledáčkové díry	217,5	18 288,27	3 977 698,7
Střížník pro hledáčkové díry	217,5	18 288,27	3 977 698,7
Střížník na vystřihnutí opěrné nohy	258,6	125 705,58	32 507 463,0
Střížník pro odstřížení zbytků	466,5	2 425,5	1 131 495,8
Střížník pro odstřížení zbytků	466,5	2 425,5	1 131 495,8
Střížník pro odstřížení dílu od svitku	527,5	9 702	51 273
Střížník pro odstřížení dílu od svitku	527,5	9 702	51 273
Ohybník na boční opěrky	342,5	7 226,3	2 475 007,8
Ohybník na opěrnou hranu	452,5	3 115,7	1 409 854,3
Ohybník nohy	639,5	6 571,00	4 202 154,5
Celkem:		493 733,69	80 446 407,6



Obr. 4.1 Znázornění těžiště

5 NÁVRH TVÁŘECÍHO STROJE

V dnešní době je nepřehledné množství strojů a jejich výrobců. Pro vhodnou volbu tvářecího stroje je zapotřebí znát minimální požadovanou velikost pracovní plochy, velikost stroje a celkové potřebné tvářecí síly. Stroj, který bude vybrán musí splňovat všechna zadaná kritéria a jeho jmenovitá tvářecí síla musí být o hodně větší, než je tvářecí síla vypočítána ve výpočtech nástroje.

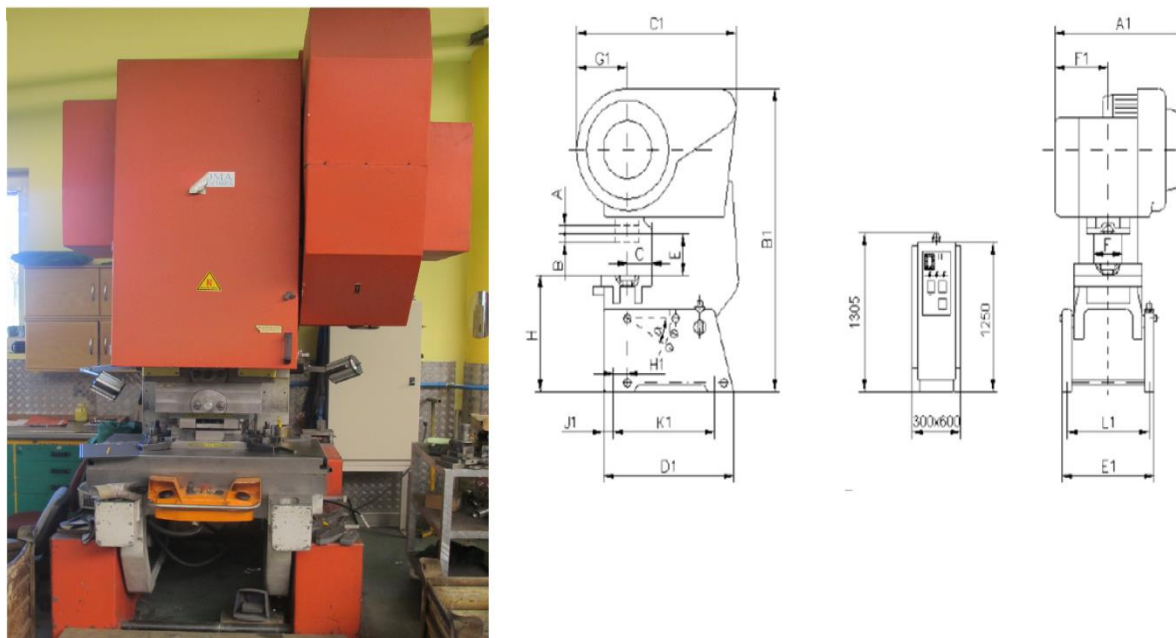
5.1 NÁVRH TYPU STROJE [38]

Základním parametrem, pomocí kterého byl lis volen je celková tvářecí síla.

$$F_{cel} = F_o + F_{ss} = 16\,913 + 553\,100 = 570\,013\text{ N}$$

Pro zpracování plechu jsou nečastěji využívány výstředníkové lisy, protože pomocí výstředníku je možné nastavovat pracovní zdvih na požadovanou velikost. Vzhledem k tomu, že celou výrobní linku je třeba koupit, tak při hledání vhodného výstředníkového lisu hrála roli i cena. Toma, Šmeral, Strojimport jsou firmy, u kterých je možné výstředníkovému lisu s požadovanými parametry pořídit.

Po analýze trhu byl jako vhodný stroj zvolen výstředníkový lis LEXN 100 C s jmenovitou tvářecí silou 1000 kN. Tento stroj bude zakoupen od společnosti Strojimport TOSHULIN GROUP. Výstředníkový lis se základními rozměry je na obr. 5.1. Vzhledem k tomu, že požadovaná tvářecí síla je 650 kN, tak LEXN 100 C je plně vyhovujícím strojem s dostatečnou rezervou jmenovité tvářecí síly. Další důležité parametry výstředníkového lisu jsou uvedeny v tab. 5.1.



Obr. 5.1 Výstředníkový lis LEXN 100 C [38]

Tab. 5.1 Parametry lisu LEXN 100 C [38]

Technické údaje			MJ
Jmenovitá síla lisu		1000	kN
Počet zdvihů		75/150	1/min
Využitelný počet jednotlivých zdvihů		45	1/min
Maximální hloubka Zpracovatelného plechu P/R	Trvalý chod	4	mm
	Jednotlivé zdvihy	7	mm
Maximální odebraná práce P/R	Jednotlivé zdvihy	3000/2500	J
	Trvalý chod	1650/950	J
Elektromotor	Výkon	6/10	kW
	Otáčky	725/1445	1/min
Elektrické napětí	Síťové	380 V/50 Hz	V/Hz
	Ovládací	24 V/50 Hz	
	Osvětlení	24 V/50 Hz	
Tlakový vzduch	Pracovní tlak	0,5	MPa
	Spotřeba vzduchu	0,020	m ³ /zdvih
Parametry a rozměry			MJ
Stavitelnost zdvihu	A	10 – 125	mm
Stavitelnost beranu	B	90	
Vyložení	C	355	
Sevření	E	380	
Průchod	F	380	
Plocha stolu		640 X 1000	
Plocha beranu		630 X 560	
Hloubka stolové desky		80	
Rozměry lisu	A ₁	1655	
	B ₁	2970	
	C ₁	2220	
	D ₁	1800	
	E ₁	1050	
	F ₁	585	
	G ₁	720	
	H ₁	930	
	J ₁	300	
	K ₁	1400	
	L ₁	890	
Sklopení stojanu	α	0; 90°; 170°; 250°	
Hmotnost lisu		10600	Kg

5.2 NÁVRH VÝROBNÍ LINKY [4]

Jak již bylo zmiňováno, tak výrobní linka bude plně automatická. To znamená, že celý svitek bude vložen na odvíják, odkud bude pomalu odvíjen dále do procesu výroby pomocí rovnacího a podávacího zařízení. V tomto zařízení je zajištěno kromě rovnání plechu také posunutí plechu o přesně definovanou vzdálenost. V tomto případě o délku jednoho výrobního kroku 155 mm. Odvíják svitku, rovnačka pásu a podavač jsou na obr. 5.2.



Obr. 5.2 Příslušenství podávací linky [4]

Všechny tyto stroje byly vybrány od společnosti Attl a spol. Pro upřesnění byly všechny parametry uspořádány v tab. 5.2. a 5.3

Tab. 5.2 Parametry odvíjáku [4]

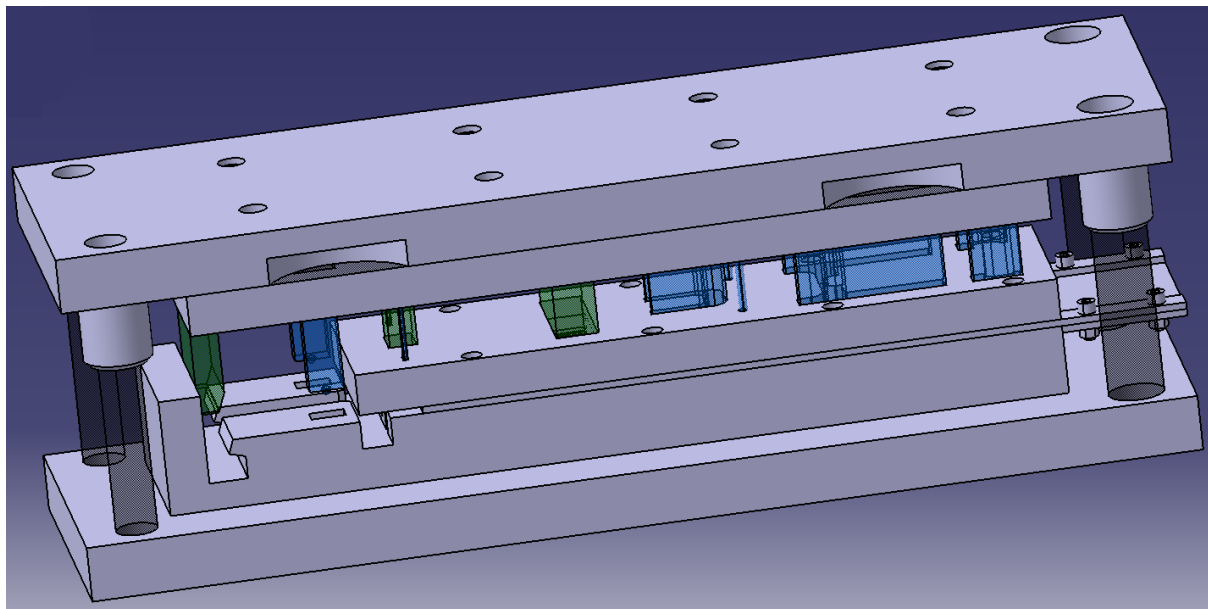
AOZ 03 odvíják				
Nosnost [kN]	Vnitřní průměr svitku [mm]	Max. šířka pásu [mm]	Tloušťka pásu [mm]	Max. rychlost odvíjení [m/min]
8 ÷ 15	480 ÷ 620	250	0,3 ÷ 2,0	180

Tab. 5.3 Parametry podávací a rovnací linky [4]

RAL 150 podávací a rovnací linka						
Přesnost podání [mm]	Průměr válců [mm]	Max. šířka pásu [mm]	Tloušťka pásu [mm]	Max. rychlost linky [m/min]	Celkový příkon [kW]	Max. délka podání [mm]
± 0,05 ÷ 0,1	60	200	0,5 ÷ 3,5	35	7,5	3000

6 POPIS A FUNKCE NÁSTROJE

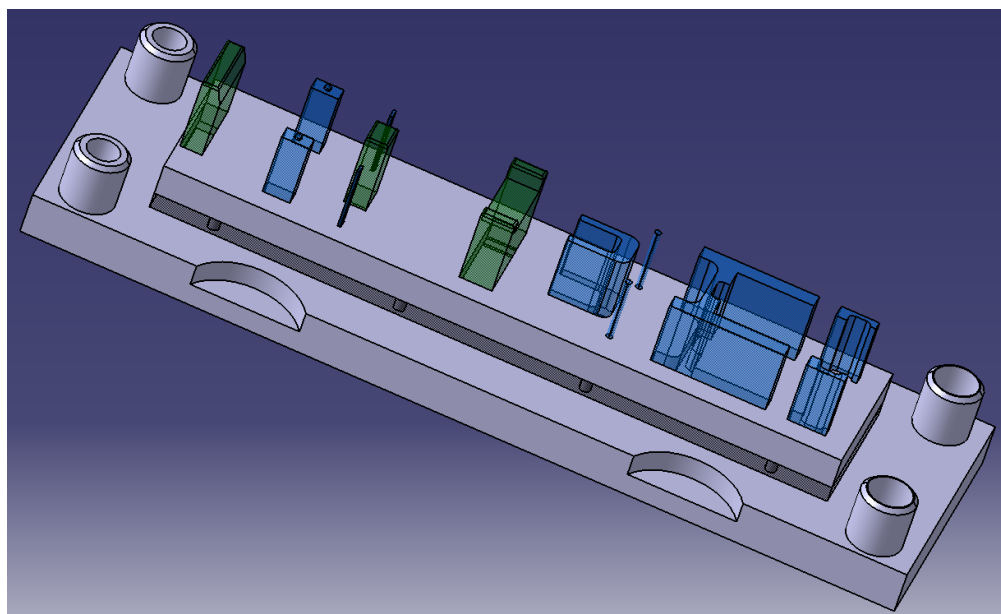
Kombinovaný nástroj je tvořen ze dvou základních částí, spodní a horní část. Celý nástroj je znázorněn na obr. 6.1. Horní část nástroje, ve které jsou upevněny střížníky a ohybníky je upevněna k beranu lisu pomocí T-drážek. Spodní část nástroje je připevněna na pracovní desku stolu pomocí drážek. Ve spodní části jsou umístěny ohybnice a střížnice.



Obr. 6.1 Sdružený nástroj

6.1 HORNÍ ČÁST SDRUŽENÉHO NÁSTROJE

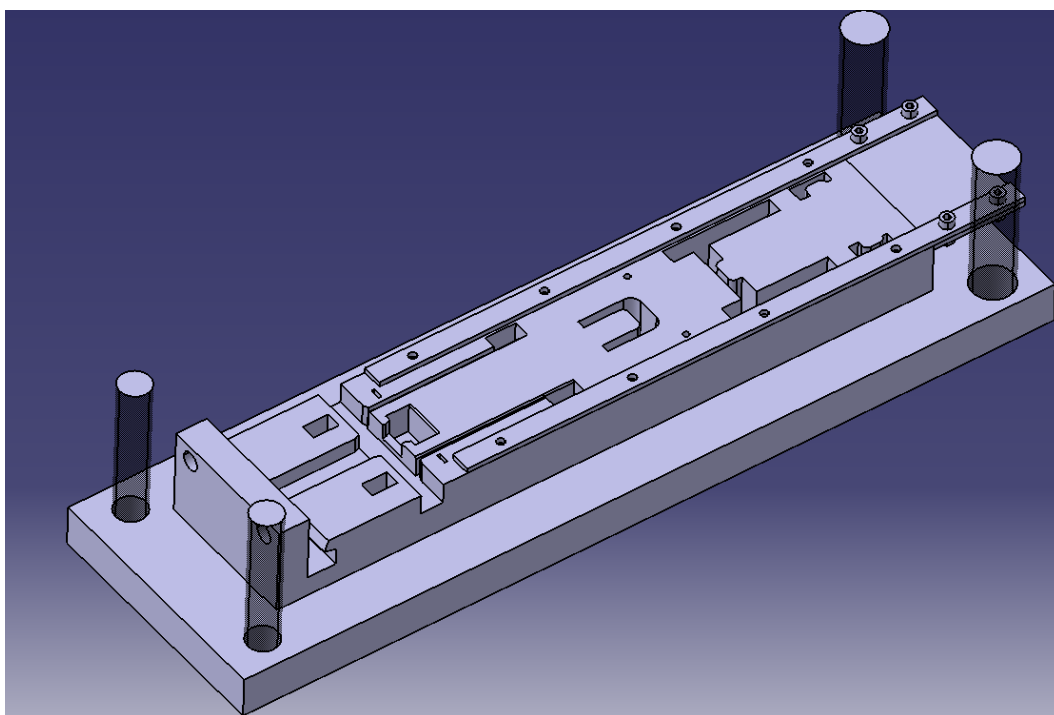
Na obr. 6.2 je zobrazena horní část navrženého sdruženého nástroje. Největší částí horní části nástroje je upínací deska. V upínací desce jsou v rozích umístěna kluzná pouzdra, která slouží pro vedení vodících sloupků. Ze spodní strany upínací desky je přišroubována opěrná deska. Ta je většinou kalená nebo je vyráběna z tvrdších materiálů, abych nedocházelo k její otlačení, protože jsou o ní opřeny střížníky a ohybníky. Právě střížníky a ohybníky jsou uloženy v kotevní desce, která je s opěrnou deskou pevně sešroubována. Pomocí kotevní desky jsou v horní části nástroje upevněny funkční části (střížníky a ohybníky).



Obr. 6.2 Horní část sdruženého nástroje

6.2 SPODNÍ ČÁST SDRUŽENÉHO NÁSTROJE

Spodní část sdruženého nástroje je zobrazena na obr. 6.3. Druhou polovinou sdruženého nástroje je spodní část, která je tvořena základní deskou. V rozích základní desky jsou nalisovány vodící sloupky. Protilehlé vodící sloupky mají vždy rozdílný průměr. Důvodem je bezpečnost. Pomocí šroubů je na základní desce připevněna střížnice a ohybnice, na které jsou po stranách přišroubovány vodící lišty ke správnému vedení materiálu. Na vstupu je k vodícím lištám připevněn vodící plech. Jelikož vyrobený díl bude z nástroje odebrán pomocí vyhazovače, tak na konci střížnice je udělán prostor a deska je tomu uzpůsobena.



Obr.6.3 Dolní část sdruženého nástroje

7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [21], [30], [35]

Hlavním důvodem ekonomického zhodnocení je stanovit celkové náklady na výrobu jedné součásti. Dalším důležitým bodem je zjištění, při jakém počtu kusů se výroba stává ziskovou. Vzhledem k tomu, že je nutné zakoupit celou výrobní linku, tak i náklady na stroje budou započteny do celkového zhodnocení. Velikost roční dávky je určena na 200 000 ks. Všechny vstupní informace jsou vloženy do tab. 7.1.

Tab. 7.1 Vstupní informace pro určení výrobní ceny

Název	Označení	Hodnota
Počet kusů z jednoho svitku [ks]	P_{vs}	4 019
Počet vyrobených kusů za rok [ks/rok]	Q	200 000
Měrná hmotnost oceli 11 375 [kg.m ⁻³]	ρ	7 800
Cena 1 kg hutního materiálu [Kč]	C_{hm}	14,80
Cena výkupu odpadu za 1 kg [Kč]	C_{od}	4,40
Cena na povrchovou úpravu na 1 ks [Kč]	N_{pj}	1,10
Hmotnost jednoho vyrobeného kusu [kg]	m_v	0,56
Počet potřebných svitků pro celou sérii [ks]	X_s	50

7.1 PŘÍMÉ NÁKLADY [35]

Mezi přímé náklady jsou řazeny náklady na materiál, náklady na mzdy a náklady za energie. Pro celou sérii bude využit svitek plechu o rozměrech $D_s = 1\,200$ mm a $d_s = 500$ mm. Všechny potřebné hodnoty tohoto svitku jsou uspořádány v tab. 3.3 a s těmito hodnotami bude v této kapitole pracováno.

➤ Náklady na materiál:

Hmotnost jednoho svitku:

$$m_s = V \cdot \rho = 62,3 \cdot 0,0015 \cdot 7\,800 = 728,9 \text{ kg} \quad (5.1)$$

kde: V ... objem celého svitku [m³],
 ρ ... měrná hmotnost oceli [kg.m⁻³].

Hmotnost pro celou výrobu:

$$m_{cs} = m_s \cdot X_s = 728,9 \cdot 50 = 36\,445,5 \text{ kg} \quad (5.2)$$

kde: m_s ... hmotnost jednoho svitku [kg],
 X_s ... počet svitků pro celou sérii [ks].

Náklady na materiál:

$$N_s = m_{cs} \cdot C_{hm} = 36\,445,5 \cdot 13,50 = 539\,393,4 \text{ Kč} \quad (5.3)$$

Celková cena za odpad:

$$N_{od} = \frac{100-V_{ps}}{100} \cdot m_{cs} \cdot C_{od} = \frac{100-58}{100} \cdot 36\,445,5 \cdot 4,4 = 67\,351,3 \text{ Kč} \quad (5.4)$$

Celkové náklady na materiál:

$$N_{mat} = N_s - N_{od} = 539\,393,4 - 67\,351,3 = 472\,042,1 \text{ Kč} \quad (5.5)$$

Náklady na jeden výrobek:

$$N_{vj} = \frac{N_{mat}}{Q} = \frac{472\,042,1}{200\,000} = 2,36 \text{ Kč} \quad (5.6)$$

Cena materiálu pro jeden vyrobený díl z celé série je 2,36 Kč. K této ceně je potřeba ještě připočíst cenu za povrchovou úpravu $N_{pj} = 1,10$ Kč za kus. V ceně je zahrnuto lakování a odmaštění dílu.

Cena po povrchové úpravě za jeden kus je 3,46 Kč.

➤ Náklady na mzdu:

Jelikož celá linka bude obsluhována jedním pracovníkem, tak mzda bude vztažena pro jednu osobu s pracovní dobou 8 hodin za den. Základní hodnoty pro určení nákladů na mzdu jsou v tab. 7.2.

Tab. 7.2 Základní informace pro určení nákladů na mzdu

Název	Označení	Hodnota
Počet hodin [hod]	t	8
Hodinový plat [kč]	J_m	150
Počet zdvihů beranu lisu [min^{-1}]	n_z	45
Čas na výrobu [hod]	t_v	6,5
Čas na kontrolu [hod]	t_k	1
Čas na údržbu [hod]	t_u	1,5
Super hrubá mzda 44139,6 [%]	SZ	34

Počet dílu vyrobených za hodinu:

$$n_{zh} = n_z \cdot 60 = 45 \cdot 60 = 2\,700 \text{ ks} \quad (5.7)$$

Počet dílů vyrobených za den:

$$n_{dsm} = n_{zh} \cdot t_v = 2\,700 \cdot 6,5 = 17\,550 \text{ ks} \quad (5.8)$$

Počet směn k vyhotovení celé série:

$$n_{sm} = \frac{Q}{n_{dsm}} = \frac{200\,000}{17\,550} = 11,4 = 12 \text{ směn} \quad (5.9)$$

Počet hodin potřebný na celou sérii:

$$n_H = t \cdot n_{sm} = 8 \cdot 12 = 96 \text{ hod} \quad (5.10)$$

Mzda pracovníka se SZ:

$$M_{prac} = n_H \cdot J_m \cdot SZ = 96 \cdot 140 \cdot 1,34 = 18\,009,6 \text{ Kč} \quad (5.11)$$

Celkové náklady na mzdu:

Správní režie $R_{sp} = 110\%$ a výrobní režie $R_{výr} = 340\%$.

$$N_{mz} = M_{prac} \cdot (R_{sp} + R_{výr}) = 18\,009,6 \cdot (1,1 + 3,4) = 81\,043,2 \text{ Kč} \quad (5.12)$$

Jednicové náklady na mzdu:

$$N_{mzj} = \frac{M_c}{Q} = \frac{81\,043,2}{200\,000} = 0,41 \text{ Kč} \quad (5.13)$$

Náklady za mzdu pro jeden vyrobený díl činní 0,41 Kč.

➤ **Náklady na energie:**

V této části budou spočítány náklady za energie pro jeden vyrobený kus. Potřebné informace jsou přiloženy v tab. 7.3.

Tab. 7.3 Základní informace pro určení ceny za energii

Název	Označení	Hodnota
Příkon lisu [kW]	P_{lis}	10
Příkon podavače [kW]	P_{pod}	7,5
Cena za kWh [Kč/kWh]	C_e	5,20

Náklady na el. energii:

$$N_e = (P_{lis} + P_{pod}) \cdot C_e \cdot n_H = (10 + 7,5) \cdot 5,20 \cdot 96 = 8736 \text{ Kč} \quad (5.14)$$

Jednicové náklady na energii:

$$N_{ej} = \frac{N_e}{Q} = \frac{8\,736}{200\,000} = 0,044 \text{ Kč} \quad (5.15)$$

Náklady za energii pro jeden vyrobený díl byly vypočítány na 0,044 Kč.

7.2 NEPŘÍMÉ NÁKLADY [30]

Do nepřímých nákladů jsou zahrnuty ceny za nástroj a za koupení výrobní linky. Vzhledem k tomu, že výrobci neuvádí přesné ceny, tak všechny ceny byly navrženy na základě průzkumu trhu a uspořádány do tab. 7.4.

Tab. 7.4 Ceny za výrobní linku

Název	Zkratka	Cena
Výstředníkový lis [Kč]	N_l	800 000
Rovnáci a podávací linka [Kč]	N_r	120 000
Odvíječ [Kč]	N_o	80 000
Sdružený nástroj [Kč]	N_n	180 000

Celkové nepřímé náklady:

$$N_{nn} = N_l + N_r + N_o + N_n \quad (5.16)$$

$$N_{nn} = 800\,000 + 120\,000 + 80\,000 + 180\,000 = 1\,180\,000 \text{ Kč}$$

Náklady pro jednicový kus:

$$N_{nnj} = \frac{N_e}{Q} = \frac{1\,180\,000}{200\,000} = 5,9 \text{ Kč} \quad (5.17)$$

Cena za nepřímé náklady byla vyčíslena na 1 180 000 Kč. Tato cena byla rozdělena do výroby celé série. Takže náklady na jeden kus budou zvětšeny o 5,9 Kč.

7.3 CELKOVÉ NÁKLADY

Celkové výrobní náklady jsou složeny z dílčích nákladů.

$$N_c = N_{nn} + N_e + N_{mz} + N_{mat} + N_p \quad (5.18)$$

$$N_c = 1\,180\,000 + 8\,736 + 81\,043,2 + 472\,042,1 + 220\,000$$

$$N_c = 1\,961\,821,3 \text{ Kč.}$$

Celkové náklady na jeden vyrobený kus:

$$N_{cj} = \frac{N_c}{Q} = \frac{1\,961\,821,3}{200\,000} = 9,8 \text{ Kč} \quad (5.19)$$

7.4 CELKOVÝ ZISK

Celkové náklady na výrobu jednoho kusu byly vypočítány na základě všech dílčích nákladů na 9,8 Kč. K této ceně bude připočítána zisková marže. Ta byla stanovena na 50% z výrobních nákladů na jeden kus.

Náklady na výrobu součásti se ziskem 50%:

$$N_{czisk} = N_{cj} \cdot 1,5 = 9,8 \cdot 1,5 = 14,7 \text{ Kč} \quad (5.20)$$

Dílčí kus půjde prodeje pro distributory za 14,7 Kč.

Dále z celé výroby budou spočítány celkové tržby za výrobní sérii a z toho vypočten celkový zisk pro firmu.

Celkové tržby:

$$T_c = N_c \cdot 1,5 = 1\,961\,821,3 \cdot 1,50 = 2\,942\,730 \text{ Kč} \quad (5.21)$$

Celkový zisk z celé série:

$$Z_c = T_c + N_c = 2\,942\,730 - 1\,961\,821,3 = 980\,910,7 \text{ Kč} \quad (5.22)$$

Celkový zisk během jednoho roku vyl vypočítán na 980 910,7 Kč.

7.5 BOD ZVRATU

Bod, při kterém je dosaženo nulového zisku, tedy množství vyrobený a množství prodaných součástí je stejný. Tímto bodem se výroba stává ziskovou. Celá série je vztažena na jeden kalendářní rok. Při úspěchu a pokračování v dalších letech výroba už bude pouze zisková i při snížení prodejní ceny.

Fixní náklady:

$$N_{fix} = R_{sp} + R_{výr} + N_{nn} \quad (5.23)$$

$$N_{fix} = 19\,810,6 + 61\,232,6 + 1\,180\,000 = 1\,061\,043,2 \text{ Kč}$$

kde: R_{sp} ... správní režie [Kč],
 $R_{výr}$... výrobní režie [Kč],
 N_{nn} ... celková náklady za výrobní linku [Kč].

Variabilní náklady:

$$N_{var} = N_{vj} + N_{ej} + N_{mzj} + N_{pj} \quad (5.24)$$

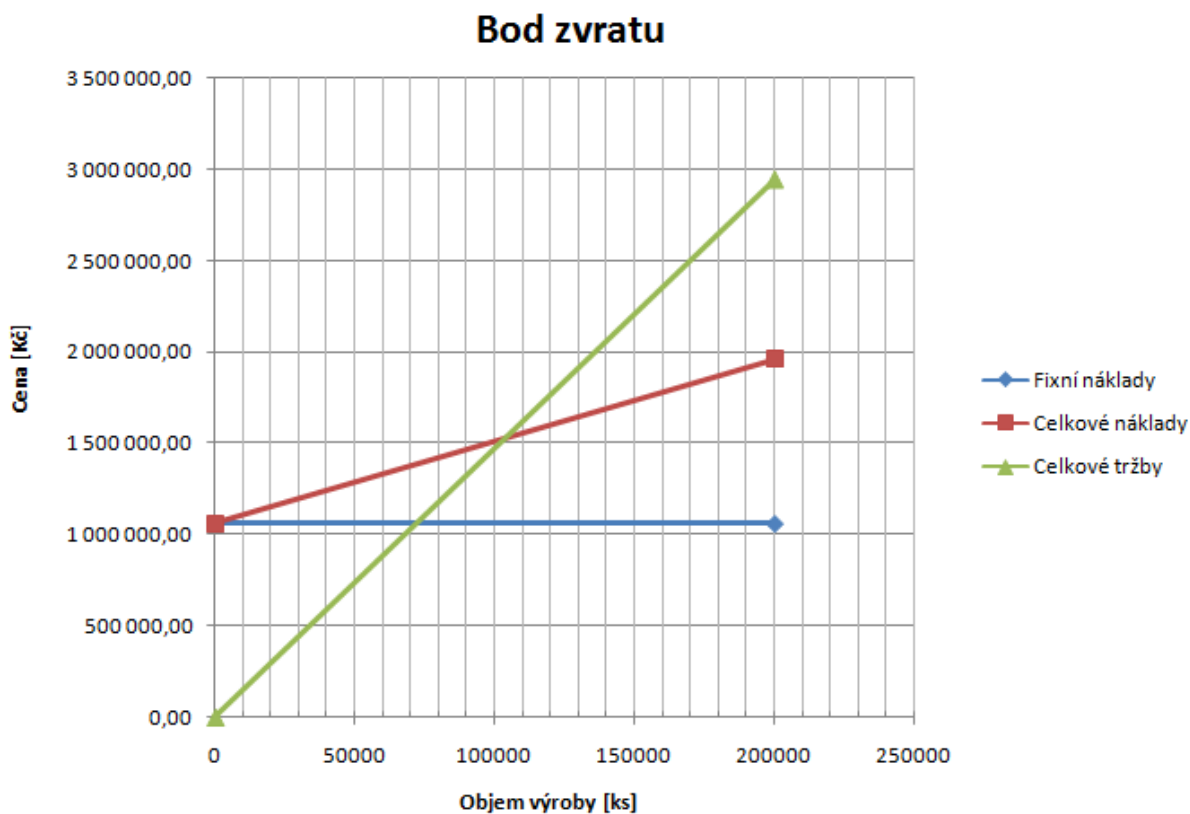
$$N_{var} = 2,36 + 0,044 + 0,41 + 1,1 = 3,914 \text{ Kč}$$

kde: N_{vj} ... náklady na materiál za jeden kus [Kč],
 N_{mzj} ... jednicové náklady na mzdu [Kč],
 N_{ej} ... jednicové náklady na energii [Kč],
 N_{pj} ... jednicová náklady na povrchovou úpravu [Kč].

Bod zvratu:

$$B_z = \frac{N_{fix}}{N_{czisk} - N_{var}} = \frac{1\,261\,043,2}{14,7 - 3,914} = 116\,915 \text{ ks} \quad (5.25)$$

kde: N_{czisk} ... cena za kus se ziskem [Kč].



Obr. 7.1 Bod zvratu

Z obr. 7.1 je patrné, že postup výroby byl navržen správně a zhruba po polovině výrobního procesu se výroba stává ziskovou. Bylo vypočítáno, že po vyrobení a prodeji přesně 116 915 kusů je výroba zisková. Ekonomické hodnocení je však děláno pouze orientačně a ceny zejména strojů a nástroje může být irelevantní.

8 ZÁVĚRY

Cílem diplomové práce bylo navrhnout nejvhodnější technologický způsob výroby držáku mobilního telefonu. Pro výrobu byl použita konstrukční ocel 11 373.1 o tloušťce 1,5 mm. Velikost výrobní série byla stanovena na 200 000 kusů za rok.

Bylo navrženo několik výrobních možností jako je řezání vodním paprskem, laserem, plazmou a výroba v postupovém stříhadle. Po zhodnocení všech výrobních možností byla vybrána právě metoda v postupovém stříhadle. Jelikož bylo nutné pořídit i celou výrobní linku, tak předností této metody byly nejnižší pořizovací náklady a stříhání s ohýbáním je možné sdružit do jednoho nástroje. Pro obě operace byla vypracována literární studie.

Po vyhodnocení metody výroby byl zvolen vhodný vstupní polotovár. Na výběr bylo ze svitku nebo tabule plechu. Jelikož by výroba měla být automatická, tak byl zvolen svitek plechu, na kterém bude podélné uspořádání vyráběné součástí. V tomto případě bylo přihlíženo na správné uložení vláken při ohybu, a tak procentuální využití materiálu bylo jen 60 %. Zvolením této varianty uspořádání jsou všechny funkční části řazeny za sebou a celá výroba byla rozložena do 4 kroků.

Dále byly provedeny potřebné výpočty pro volbu vhodného výstředníkového lisu a celé výrobní linky. Na základě vypočítané tvářecí síly, která je 570 013 N, byl zvolen výstředníkový lis LEXN 100 C od společnosti Strojimport. Výrobní linka je složena z odvíjáku, podávacího a rovnacího zařízení. Celá tato sestava bude koupena u společnosti Attl a spol.

V ekonomickém zhodnocení se tato technologie projevila jako správná, protože po vyrobení a prodání 116 915 kusů držáku mobilního telefonu se výroba stává ziskovou. Pokud bude v úvahu bráno to, že bylo třeba zakoupit celou výrobní linku a celkový finální zisk pro firmu po prvním roce bude i tak 980 910,7 Kč, tak se zvolená metoda výroby jeví jako správná.

SEZNAM POUŽITÝ ZDROJŮ [8]

1. Akademie tváření: Ohýbání. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. 22.06.2010 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-ohybani.html>
2. Akademie tváření: Stříhání. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. 17.05.2010 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>
3. Akademie tváření: Technologičnost konstrukce při ohýbání. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. 11.04.2012 [cit. 2017-003-27]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-technologicnost-konstrukce-pri-ohybani.html>
4. *Attl a spol. s.r.o.: Továrna na stroje* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.attl.cz/>
5. *Bistronic: Řezání vodním paprskem* [online]. [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: https://www.bystronic.cz/cs/produkty/systemy_rezani_vodnim_paprskem/
6. BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983. 213 s.
7. CADDELL. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 978-1-107-00452-8.
8. *Citace* [online]. 2004 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.citace.com/>
9. CNC řezání laserem: 10 výhod, které přináší. *FANUC Czech s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/cnc-rezani-laserem-10-vyhod-ktere-prinasi/>
10. ČSN 22 6015. *Stříhadla a střížné vřtle: Směrnice pro výpočet a konstrukci*. Praha: ÚMN, 1977. 28 s.
11. ČSN 22 7340. *Tvářecí nástroje: Ohýbadla*. Praha: Vydavatelství norem, 1991. 16 s.
12. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tvaření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
13. *Ferona: Velkoobchod hutním materiálem* [online]. 2004, 2014 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/order.php?eaction=show>
14. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2006. 217 s. ISBN 80-214-2374-9.

15. *FORMY-ZNOJIL: Konstrukce a výroba nástrojů* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.formy-znojil.cz/cz/m/nastroje/>
16. *Fortell: Tváření kovu* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.fortell.cz/lisovani-kovu>
17. FREMUNT, P., J. KREJČÍK a T. PODRÁBSKÝ. *Nástrojové oceli* (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.
18. INOX, spol. s r. o. *INOX, spol. s r. o. - NEREZOVÝ HUTNÍ MATERIÁL* [online]. 2009 [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: <http://www.inoxspol.cz/nerezova-ocel-14301.html>
19. *KONTURA TOOLS: Střížníky* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.konturtools.cz/produkt/strizniky-vrtaci-pouzdra-mspn>
20. KOTOUČ, Jiří, Jan ŠANOVEC, Jan ČERMÁK a Luděk MÁDLE. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993, 349 s. ISBN 80-010-1003-1.
21. KRUTINA, Václav a Martina NOVOTNÁ. *Ekonomika podniku*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2004. 112 s. ISBN 80-7040-732-8.
22. *K-Kovo s.r.o.: Lakování* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.k-kovo.cz/index.php?id=lakovani>
23. *Laserové řezání*. [online]. [cit. 2017-12-18]. Dostupné z: <http://vega.fjfi.cvut.cz/docs/sfbe/lasery/node8.html>
24. *Laserové řezání (laser cutting)* [online]. 20.5.2011 [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/serial-laserove-rezani.htm>
25. LEINVEBER, Jan, Pavel VÁVRA a Jaroslav _ASA. *Strojnické tabulky*. 3. doplněné vydání. Praha: Scientia, spol. s r.o. pedagogické nakladatelství, 1999. 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
26. LENFELD, Petr. *Technologie plošného tváření - ohýbání* [online]. 2005 [cit. 2017-03-27]. Technologie II. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm
27. LENFELD, Petr. *Technologie plošného tváření - stříhání* [online]. 2005 [cit. 2017-03-27]. Technologie II. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm.
28. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření I*. 1.vyd. UO Brno. 2008. 105 s. ISBN 978-80-7231-579-6
29. *Metafo spol. s r.o.: Lakování* [online]. [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.metafo.cz/sluzby-a-technologie/praskove-lakovani>

30. Nepřímé náklady. *ManagementMania.com* [online]. 2013 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/neprime-naklady>
31. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL, 1980. 216 s. L13-B3-VI-41/22674.
32. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-04016.
33. Plazmové řezání. *HomeN* [online]. [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/16-17-83-84.pdf>
34. Postupové sdružené nástroje. *FaM Tools* [online]. 2015 [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: <http://www.famtools.cz/postupove-sdruzene-nastroje-lisy>
35. Přímé náklady (Direct Costs). *ManagementMania.com* [online]. 2013 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/prime-naklady>
36. Řezání vodním paprskem. *KSB spol. s r.o.* [online]. [cit. 2016-12-17]. Dostupné z: <http://www.ksb-pel.cz/187-rezani-vodnim-paprskem.html>
37. SAMEK, Radko, Zdenek LIDMILA a Eva ŠMEHLÍKOVÁ. *Speciální technologie tváření: Část II*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4406-5.
38. *Strojimport: TOSHULIN GROUP* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.strojimport.cz/>
39. Střížné nástroje. *FESTOOL* [online]. [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: http://www.vyrobaforem.cz/cs/strizne_nastroje.html
40. SVOBODA, Pavel. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vyd. 3. Brno: CERM, 2009, 223 s. ISBN 978-80-7204-636-2.
41. SYNEK, Miloslav, et al. *Podniková ekonomika*. 4. vydání. Praha: C.H.Beck, 2006. 475 s. ISBN 80-7179-892-4.
42. TSCHÄTSCH, Heinz. *Metal forming practise: processes - machines - tools*. New York: SpringerVerlag, c2006. ISBN 35-403-3216-2. HOSFORD, William F. a Robert M

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Latinka

Značka	Význam	Jednotka
A	Tažnost	[%]
A _{oU}	Ohybová práce pro tvar “U“	[J]
A _{oV}	Ohybová práce pro tvar “V“	[J]
A _s	Střížná práce	[J]
b	Šířka materiálu	[mm]
B _z	Bod zvratu	[-]
c	Koeficient závislosti na požadavcích stříhání	[-]
C _e	Cena za kilowatthodinu	[Kč/kWh]
C _{hm}	Cena za kilogram hutního materiálu	[Kč]
C _{od}	Cena za kilogram odpadu	[Kč]
c ₀	Koeficient zohledňující materiál	[-]
d	Průměr nejmenšího střížníku	[mm]
d _k	Délka kroku	[mm]
D _s	Vnější průměr svitku	[mm]
d _s	Vnitřní průměr svitku	[mm]
d _t	Délka tabule	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
F _{cel}	Celková síla	[N]
F _i	Určitá síla	[N]
F _{kal}	Kalibrační síla	[N]
F _o	Celková ohybová síla	[N]
F _{oU}	Ohybová síla pro tvar “U“	[N]
F _{oUc}	Celková ohybová síla pro tvar „U“	[N]
F _{oV}	Ohybová síla pro tvar “V“	[N]
F _{oVc}	Celková ohybová síla pro tvar „V“	[N]
F _s	Střížná síla	[N]
F _{sř}	Střížná plocha všech střížníků	[N]
F _{ss}	Stírací síla	[N]
F _{sv}	Protlačovací síla	[N]
F _{tř}	Třecí síla	[N]
H _{ss}	Nejmenší výška střížnice	[mm]
I	Moment setrvačnosti	[mm ⁴]
J _m	Hodinový plat zaměstnanci	[Kč]
k	součinitel hloubkového tažení	[-]
k _{et}	Koeficient vázaný na druh materiálu a nástroje	[-]
k _{ev}	Koeficient materiálu	[-]
l _{krit}	Kritická délka střížníku	[mm]

Značka	Význam	Jednotka
L_c	Celková délka prodloužení	[mm]
L_s	Délka svítku	[mm]
l_u	Vzdálenost mezi opěrami ohybnice	[mm]
l_v	Vzdálenost mezi opěrou ohybnice a ohybníkem	[mm]
L_{xi}	Délka prodloužení na ose x	[mm]
L_{yi}	Délka prodloužení na ose y	[mm]
m_{cs}	Celková hmotnost výroby	[Kg]
M_{prac}	Mzda pracovníka	[Kč]
m_v	Hmotnost jednoho výrobku	[Kg]
n	Koeficient bezpečnosti	[-]
N_c	Celkové náklady	[Kč]
N_{cj}	Jednicové náklady na vyrobený kus	[Kč]
N_{czisk}	Náklady na výrobu se ziskem	[Kč]
N_{dsm}	Počet dílů vyrobených za den	[ks]
N_e	Celkové cena za energii	[Kč]
N_{ej}	Jednicové náklady na energii	[Kč]
N_{fix}	Fixní náklady	[Kč]
n_H	Počet hodin na celou sérii	[hod]
N_l	Náklady na výstředníkový lis	[Kč]
N_{mat}	Cena materiálu	[Kč]
N_{mz}	Celkové náklady na mzdu	[Kč]
N_{mzj}	Jednicové náklady na mzdu	[Kč]
N_n	Náklady na nástroj	[Kč]
N_{nn}	Celkové nepřímé náklady	[Kč]
N_{nnj}	Jednicové nepřímé náklady	[Kč]
N_o	Náklady na odvíják	[Kč]
N_{od}	Celková cena odpadu	[Kč]
N_p	Celkové cena za povrchovou úpravu	[Kč]
N_{pj}	Jednicové náklady na povrchovou úpravu	[Kč]
N_r	Náklady na rovnací a podávací stroj	[Kč]
N_s	Náklady na materiál	[Kč]
n_s	Koeficient opotřebení	[-]
n_{sm}	Počet směn	[-]
n_v	Počet výstřižků v části střižnice	[-]
N_{var}	Variabilní náklady	[Kč]
N_{vj}	Náklady na jeden vyrobený kus	[Kč]
n_z	Počet zdvihů beranka hodinu	[min ⁻¹]
n_{zh}	Počet kusů za jednu hodinu	[ks]
o	Obvod	[mm]
P_{ct}	Počet výstřižků z tabule plechu	[ks]

Značka	Význam	Jednotka
P_d	Počet kusů	[ks]
P_{lis}	Příkon lisu	[kW]
P_p	Počet pásů	[ks]
P_{pod}	Příkon podavačky a rovnačky	[kW]
P_{vs}	Počet výstřižků ze svitku plechu	[ks]
Q	Počet kusů v jedné sérii	[ks]
q	Kalibrační tlak	[MPa]
R	Poloměr	[mm]
r	Poloměr neutrální osy	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti	[MPa]
R_{max}	Maximální poloměr ohybu	[mm]
R_{min}	Minimální poloměr ohybu	[mm]
R_{sp}	Správný režie	[%]
$R_{výr}$	Výrobní režie	[%]
s	Tloušťka materiálu	[mm]
S_k	Plocha kolmému průmětu na směr pohybu ohybníku	[mm ²]
S_{pasu}	Plocha pásu	[mm ²]
S_s	Střížná plocha	[mm ²]
S_{sv}	Plocha svitku	[mm ²]
S_t	Plocha tabule	[mm ²]
S_v	Plocha výstřižku	[mm ²]
\dot{S}_p	Šířka pásu	[mm]
\dot{s}_t	Šířka tabule	[mm]
t	Počet hodin ve směně	[hod]
t_k	Čas na kontrolu	[hod]
t_v	Čas na výrobu	[hod]
t_u	Čas na údržbu	[hod]
T_c	Celkové tržby	[Kč]
V	Objem	[mm ³]
v	Střížná vůle	[mm]
V_{cs}	Procentuální využití všech svitků	[%]
V_{pod}	Procentuální využití pásu	[%]
V_{ps}	Procentuální využití svitku	[%]
V_{pt}	Procentuální využití tabule	[%]
x	Koeficient podílu R/s	[-]
X_s	Potřebný počet svitků	[ks]
z	Zdvih beranu	[mm]
Z_c	Celkový zisk za sérii	[Kč]

Řecká abeceda

Značka	Význam	Jednotka
α	Úhel ohybu	[°]
α_1	Požadovaný úhel pro ohýbání	[°]
α_2	Úhel po odpružení	[°]
β	Úhel odpružení	[°]
μ	součinitel statického tření	[-]
ρ	Hustota	[Kg.m ⁻³]
φ	Úhel úseku	[°]
τ_s	Střížný odpor	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 0.1 Součást vyrobená technologiemi tváření
- Obr. 1.1 Vyráběný díl
- Obr. 1.2 Řezání laserem
- Obr. 1.3 Řezání vodním paprskem
- Obr. 1.4 Řezání plasmou
- Obr. 1.5 Dělení materiálu stříháním
- Obr. 1.6 Ohýbání materiálu
- Obr. 1.7 Kombinace střížného a ohybového nástroje
- Obr. 2.1 Stříhání
- Obr. 2.2 Průběh stříhu
- Obr. 2.3 Průběh napětí stříhu
- Obr. 2.4 Vliv velikosti střížné vůle
- Obr. 2.5 Důsledek rozdílných rychlostí stříhu
- Obr. 2.6 Průběh střížné síly a práce
- Obr. 2.7 Deformační pásma střížné plochy
- Obr. 2.8 Rovnoběžné nože
- Obr. 2.9 Šikmé nože
- Obr. 2.10 Kotoučové nože
- Obr. 2.11 Nože na profily
- Obr. 2.12 Střížný nástroj
- Obr. 2.13 Střížníky
- Obr. 2.14 Druhy otvorů střížnice
- Obr. 2.15 Ohýbání
- Obr. 2.16 Možnosti ohybu
- Obr. 2.17 Znázornění napětí
- Obr. 2.18 Rozložení napětí po ohnutí
- Obr. 2.19 Velikost odpružení
- Obr. 2.20 Diagram odpružení
- Obr. 2.21 Posun neutrální osy
- Obr. 2.22 Základní typy ohybu
- Obr. 2.23 Umístění osy ohybu
- Obr. 2.24 Minimální vzdálenosti
- Obr. 2.25 Ohýbací nástroje
- Obr. 2.26 Funkční části ohýbacího nástroje
- Obr. 3.1 Jednotlivé poloměry ohybu
- Obr. 3.2 Základní parametry pro určení celkové délky rozvinuté součásti
- Obr. 3.3 Podélné uspořádání
- Obr. 3.4 Příčné uspořádání
- Obr. 3.5 Protilehlé uspořádání
- Obr. 3.6 Výrobní postup
- Obr. 3.7 Lakování
- Obr. 4.1 Znázornění těžiště
- Obr. 5.1 Výstředníkový lis LEXN 100 C
- Obr. 5.2 Příslušenství podávací linky
- Obr. 6.1 Sdružený nástroj
- Obr. 6.2 Horní část sdruženého nástroje
- Obr. 6.3 Dolní část sdruženého nástroj

Obr. 7.1 Bod zvratu

SEZNAM TABULEK

- Tab. 1.1 Mechanické vlastnosti oceli 11 373
- Tab. 1.2 Chemické složení oceli 11 373
- Tab. 1.3 Mechanické vlastnosti oceli 17 240
- Tab. 1.4 Chemické složení oceli 17 240
- Tab. 2.1 Koeficient hloubky vtlačení „k“
- Tab. 2.2 Hodnoty koeficientu c_0
- Tab. 2.3 Posun neutrální osy
- Tab. 3.1 Procentuální využití pásu plechu pro 4 díly
- Tab. 3.2 Využití tabule plechu
- Tab. 3.3 Využití rozdílných velikostí svitků
- Tab. 4.1 Shrnutí střížníků
- Tab. 4.2 Výsledek jednotlivých ohybových sil
- Tab. 4.3 Hodnoty pro výpočet těžiště
- Tab. 5.1 Parametry lisu LEXN 100 C
- Tab. 5.2 Parametry odvíjáku
- Tab. 5.3 Parametry podávací a rovnací linky
- Tab. 7.1 Vstupní informace pro určení výrobní ceny
- Tab. 7.2 Základní informace pro určení nákladů na mzdu
- Tab. 7.3 Základní informace pro určení ceny za energie
- Tab. 7.4 Ceny za výrobní linku

SEZNAM PŘÍLOH

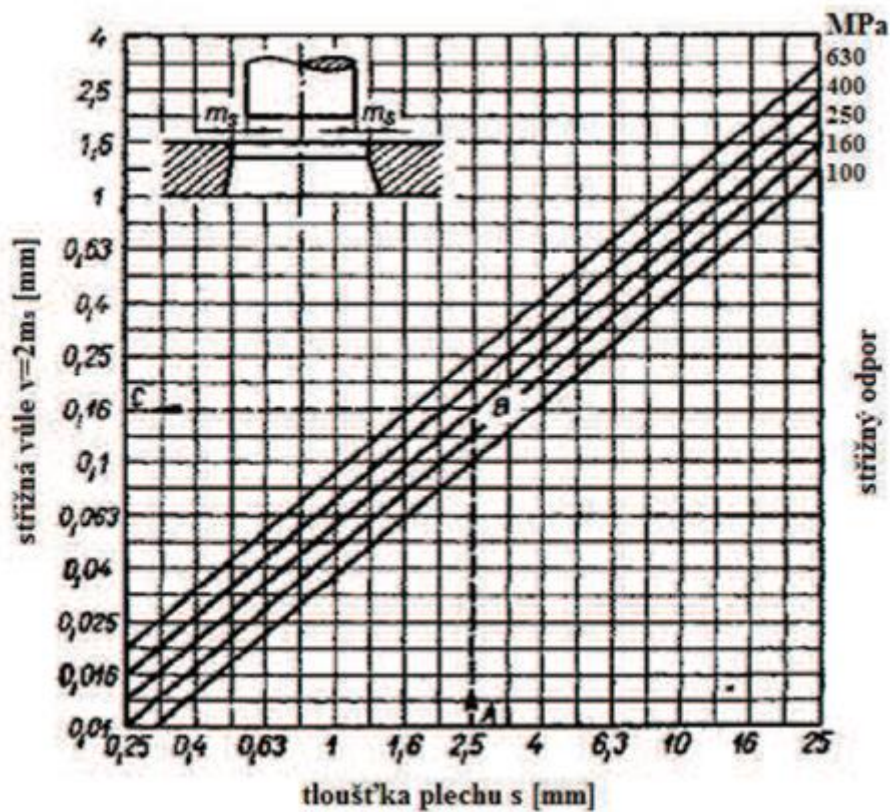
Příloha 1	Nomogram určování střižné vůle []
Příloha 2	Tabulka pro volbu můstků a okraje plechu []

SEZNAM VÝKRESŮ

Sestava	DP-01-145414
Výkres součásti	DP-02-145414
Střižník tvaru	DP-03-145414
Ohybník bočních opěr	DP-04-145414

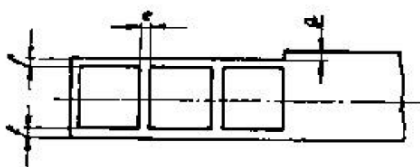
PŘÍLOHY

Příloha 1 - Nomogram určování střížné vůle



Příloha 2 - Tabulka pro vhodnou volbu můstků a okraje plechu

Tab. 17



Tl. mst.	Sířka pásu											
	do 15		15 - 50		50-100		100 -200		200 -300		300 -400	
	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f
0,1-0,9	1,2	1,5	1,5	1,8	1,8	2,2	2,5	3,1				
1	1,3	1,6	1,6	2	2	2,5	3	3,7	4	4,8	4,8	6
1,3	1,4	1,7	2	2,5	2,5	3,1	3,5	4,3	4,2	5,2	5,3	6,5
1,5	1,5	1,8	2,2	2,7	2,5	3,1	3,5	4,3	4,5	5,4	5,6	6,8
1,8	1,8	2,2	2,2	2,8	2,5	3,1	3,5	4,3	4,7	5,6	5,8	7
2	2	2,5	2,5	3,1	3	3,7	4	5	5	6	6	7
2,2	2,2	2,7	2,6	3,2	3,2	4	4,2	5,2	5,2	6,2	6,2	7,2
2,5	2,5	3,1	2,8	3,5	3,2	4	4,2	5,2	5,4	6,3	6,3	7,2
2,8	2,8	3,5	3	3,7	3,2	4	4,2	5,2	5,4	6,3	6,5	7,3
3	3	3,7	3,2	4	3,5	4,3	4,5	5,5	5,5	6,5	6,6	7,5
3,5			3,5	4,3	4	5	5	6	6	7	7	8,5
4			3,8	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	6,7	8	8	9,3
4,5			4,0	4,8	4,5	5,7	5,5	6,8	7	8,3	8,3	9,8
5			4,5	5	5	6	6	7	7,3	8,5	8,7	10